

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Konstrukční a procesní inženýrství

Návrh dveří sportovního vozu

Design of Sports Vehicle Door

Student:

Jaroslav Vlachynský

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Vlachynský**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Návrh dveří sportovního vozu**
Design of Sports Vehicle Door
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte kompletní funkční model dveří pro sportovní automobil StudentCar SCX. Dveře budou vsazeny do stávající karoserie automobilu. Vytvořte 3D model včetně výkresové dokumentace (dle dohody s vedoucím práce). Návrh musí splňovat příslušné normy k použití konstrukčního celku automobilu na pozemní komunikaci.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

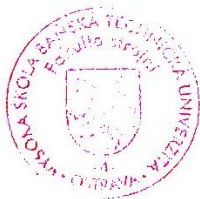
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15. 5. 2016

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, flowing letters, positioned above a horizontal dotted line.

podpis studenta

Tato diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu Student Car (Projekt výzkumu a vývoje).

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2016



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jaroslav Vlachynský

Adresa trvalého pobytu autora práce:

687 12, Javorovec 378

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VLACHYNSKÝ, Jaroslav. *Návrh dveří sportovního vozu*. Ostrava, 2016. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Cílem této diplomové práce je navrhnout funkční model dveří sportovního vozu. Tuto diplomovou práci lze rozdělit do jednotlivých úseků. První část se zabývá rešerší mapující současný stav konstrukce dveří a jejich komponent. Následující část je částí praktickou. Zahrnuje konstrukční návrh, okrajové podmínky a variantní řešení. V neposlední etapě diplomové práce následuje rozbor varianty a analýzy s výpočty komponent dveří. V poslední části je pozornost věnována výkresové dokumentaci navržených částí finální varianty.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

VLACHYNSKÝ, Jaroslav. *Desing of Sports Vehicle Door*. Ostrava, 2016. Diploma Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Thesis head: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

This diploma thesis targets to suggest the functional model of sports vehicle door. The diploma thesis could be divided into individual phases. The first part deals with research of current state of vehicle door designs and their components. The following section is a practical part. This section includes structural design, boundary conditions and alternative solutions. In the penultimate diploma's thesis stage follows the parsing of finale variant and analysis with calculations of sports vehicle door's components. At the last phase is the attention devoted to drawing documentation designed parts of finale variant.

Obsah

ÚVOD.....	10
1 TECHNICKÝ NÁVRH	11
1.1 ZADAVATEL.....	11
1.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ DVEŘÍ.....	13
1.3 KONSTRUKCE DVEŘÍ	13
1.4 HOMOLOGACE DLE SMĚRNIC ES A EHS.....	14
1.5 SPOUŠTĚČ OKEN.....	14
1.6 VYZTUŽENÍ DVEŘÍ	15
1.7 TĚSNĚNÍ.....	16
1.8 RÁM OKNA.....	16
1.9 OKNO.....	16
1.10 ZÁMEK.....	17
1.11 KLIKA	17
1.12 ZPĚTNÁ ZRCÁTKA	18
1.13 ČALOUNĚNÍ	19
1.14 OMEZOVAČ DVEŘÍ	19
1.15 MATERIÁLY TĚLA DVEŘÍ.....	19
1.16 LEPENÍ.....	20
2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH.....	21
2.1 OKRAJOVÉ PODMÍNKY	21
2.2 VARIANTNÍ NÁVRHY RÁMU	23
2.3 NÁVRH KINEMATIKY STAHOVÁNÍ OKNA	29
2.4 ÚPRAVY DVEŘÍ A SYSTÉMU ZAVĚŠENÍ	37
3 VÝPOČTY A MKP	40
3.1 VÝPOČET RÁMU DVEŘÍ	40
3.2 VÝPOČTY LEPENÝCH SPOJŮ	43
4 ZÁVĚR	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:	46
PŘÍLOHY	48

Seznam použitých značek a symbolů:

F	Síla	[N]
F _G	Gravitační síla	[N]
F _Z	Zatěžující síla	[N]
g	Gravitační zrychlení	[m.s ⁻²]
m	Hmotnost	[kg]
n _D	Koeficient bezpečnosti	[-]
Ra	Hodnota drsnosti	[-]
S	Lepená plocha	[mm ²]
τ _S	Pevnost ve smyku	[N.m ²]
τ _{D2}	Dovolená pevnost lepidla ve smyku	[N.m ²]

Seznam použitých zkratk:

ABS	Systém proti zablokování kol (Anti- blokiert System)
CAD	Počítačem podporované projektování (computer aided design)
CAM	Počítačem podpora obrábění (computer aided manufacturing)
ESP	Elektronický stabilizační systém
EHK	Evropsko hospodářská komise
EHS	Evropsko hospodářské společenství
FMMI	Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
MKP	Metoda konečných prvků
MPa	Mega Pascal
N	Newton
TIG	Svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře
3D	Trojrozměrný
atd.	A tak dále
mm	Milimetr
obr.	Obrázek

ÚVOD

Automobilový průmysl započal v roce 1885. Od této doby prošel vývoj v tomto průmyslu mohutným rozvojem. Nyní je jedním z nejdůležitějších průmyslů, který prošel stádiem od ruční výroby až po plně automatizované výrobní linky. První sériovou výrobu zavedl Henry Ford.

V dnešní době jsou hlavní témata v „automobilových závodech“ ekonomický provoz a ekologická výroba. Automobily jsou také ovlivňovány různým elektronickým vybavením jako parkovací senzory a asistenty, ABS, ESP, atd., mimo jiné je ovlivňují faktory jako třeba design, snižování emisí, ochrana chodců a jiné.

Dveře automobilu spadají do karoserie automobilu a tak dotvářejí celkový design automobilu. První automobily se vyráběly bez dveří a vypadaly spíše jako samopojízdné kočáry. Skoro o 25 let později se objevili první automobily s dveřmi, které měly jednoduchý závěs na dvou pantech. Na rozdíl od dveří dnešních automobilů neměly žádné vybavení kromě kliky a zámku. Dnes se do dveří montuje mnoho součástí od mechanických až po elektrické. Nedílnou součástí je také design dveří a celková celistvost vzhledu interiéru a exteriéru. Nejmodernější dveře můžeme najít u značek jako je Rolls Royce, Bentley, Pagani, ale i u tuzemské značky Škoda Superb III. Celkový dojem dotváří elektronické vybavení, které usnadňuje ovládání během jízdy a zvyšuje tak pohodlí.

Diplomová práce byla rozdělena na dvě základní části, a to část teoretickou a část praktickou. První část se zabývala hodnocením současných konstrukčních řešení dveří a jejich komponent. Druhá část diplomové práce se věnovala návrhu vlastního řešení dveří sportovního vozu, návrhem předběžných variant, pevnostních výpočtů až po technickou dokumentaci.

Tato práce vznikla, díky projektu Student Car na fakultě FMMI a díky finanční podpoře z projektu SP2016/69 „Vývojové zkoušky a studie vybraných komponent vozidel. (2015-2016)“.

1 TECHNICKÝ NÁVRH

První část této kapitoly se zabývala zadavatelem a rozdělením konstrukčních řešení typu zavěšení dveří. V druhé části byly rozebrány jednotlivé součásti a mechanismy použité u dveří vozidla.

1.1 Zadavatel

Toto téma diplomové práce vzniklo díky požadavkům a technickým možnostem Katedry materiálů a technologií pro automobily 632, jejichž prvotním požadavkem bylo sestavit funkční model dveří sportovního automobilu.

a) Laboratoř technologie stavby automobilů

Laboratoř se zaměřuje na montáže prototypů sportovních vozů, řešení grantových úkolů, výuku svařování a montáží. Dále jsou v laboratoři umístěny obráběcí stroje. [17]



Obr. 1- Fotografie dokumentující vybavení laboratoře technologie stavby automobilů [17]

b) Laboratoř testování automobilů

Laboratoř obsahuje dvě velmi unikátní pracoviště pro kompletní testování automobilů.

- Pracoviště pro testování motorů

První pracoviště je vybaveno hydrodynamickou motorovou brzdou SF-902. Celá

konstrukce měřicí kobky je dokonale odhlučněna a vstup je opatřen protihlukovými dveřmi. Proces testování je vizuálně sledován soustavou kamer. Pracoviště je navrženo s ohledem na testování sportovních motorů. [17]



Obr. 2- Fotografie dokumentující vybavení pracoviště pro testování motorů [17]

- Pracoviště pro dynamické testování konstrukčních uzlů a automobilů

Základ pracoviště tvoří pneumatický odpružený upínací stůl, který je na obrázku 3. Na tomto stole se pomocí systému přípravků staví úlohy zaměřené na kombinované namáhání automobilových součástí při dynamickém režimu zatížení. Vyvození požadovaného režimu dynamického zatížení zajišťují elektrohydraulické válce. Celé pracoviště má stavebnicové uspořádání, v roce 2010 bylo rozšířeno o další čtyři zátěžné osy. [17]



Obr. 3- Fotografie dokumentující vybavení pracoviště pro dynamické testování konstrukčních uzlů a automobilů [17]

1.2 Konstrukční řešení dveří

U vozu SCX třetí generace je použito otevírání dveří s dvojitým pantem. Mezi další řešení patří speciální typy dveří, použité u konkurenčních vozů, a to dveře typu:

- Aston Martin (Aston Martin DB9),
- Se zadním závěsem (Mazda RX8),
- Vertikální- „racek“ (Mercedes-Benz SLS AMG),
- Nůžkové (Lamborghini Murcielago),
- „Raptor“ (Koenigsegg CC),
- „Motýl“ (Mercedes-Benz SLR McLaren),
- Posuvné (typ vozů MPV),
- Kapsovitě (Jatech LLC).

1.3 Konstrukce dveří

Konstrukce dveří je dnes u většiny automobilů srovnatelná. Dveře se skládají z vnějšího a vnitřního výlisku, popřípadě z výztuží či příček. Vnější a vnitřní plechy jsou nejčastěji zhotoveny z dobře tvářitelné oceli, méně často je použit plast či kompozit. Oba díly se k sobě lepí a v případě plechů se zalemuje okraje. Vnější plech má tvar karoserie a je opatřen zpevňujícími prolisy nebo je zpevněn zevnitř přilepenou příčkou, aby se plech neprohýbal a za jízdy nevibroval.

Tuhost dveří je zesílena výztuhami, ty jsou umístěny pod otvorem okna a mezi zámkem a závěsem. Výztuha slouží k transformaci deformační síly do karoserie při nárazu. Výztuha je přivařena k vnitřnímu plechu, který naplňuje nosnou úlohu. K vnitřnímu plechu je připevněna většina komponentů (zámek, závěsy, stahování okna, čalounění). Průřez dveří musí být takový, aby se při bočním nárazu dveře zapřely do rámu automobilu a nárazová síla se tak rozložila. Proti zaklínění jsou ve spodní části dveří namontovány čepy, které se při zavření dveří zastrčí do vyztužených jímek v prahových partiích.

Dveře automobilu se skládají z těchto komponentů a vybavení:

- Rám okna, okno, spouštěč okna, těsnění, klika, zámek, omezovač dveří, čalounění, zpětná zrcátka, výztuhy.

1.4 Homologace dle směrnic ES a EHS

Homologací se rozumí ověření vlastností a udělení úředního souhlasu z hlediska užití určitého výrobku. Normy a směrnice EHS (*Evropského hospodářského společenství*) pro udělení takové homologace vytváří Ústav pro výzkum motorových vozidel. Schvalovací a technické zkušebny se řídí předpisy EHK (*Evropské hospodářské komise*). Normy, směrnice a předpisy jsou srovnatelné pro všechny státy evropského společenství. Evropská unie tak usiluje o zabezpečení ochrany životního prostředí a vysoké bezpečnosti všech účastníků silničního provozu.

Testované prvky dveří dle norem jsou:

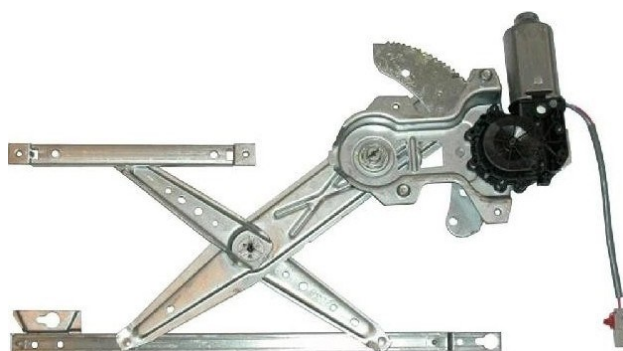
- Dveřní zámky a závěsy,
- Vnější výčnělky,
- Vnitřní části prostoru pro cestující.

1.5 Spouštěč oken

Pro spouštění oken dveří se používají nejčastěji dva typy zařízení a to buď lankový spouštěcí mechanismus s vodíci lištami, nebo pákový mechanismus. Ve voze SCX je použit lankový spouštěcí mechanismus s vodíci lištami.



Obr. 4– Spouštěč oken lankový [15]



Obr. 5– Spouštěč oken pákový [16]

1.6 Vyztužení dveří

Jako vyztužující prvek dveří je již samotný rám dveří, ale pro zmenšení deformací a tím i pro ochranu osob uvnitř vozu se pro boční náraz přidává příčná výztuha. Ta by měla být ve výšce H bodu, tedy ve výšce kyčlí posazeného člověka na sedačce vozu.

Na výztuhy se používají většinou buď profilované plechy, nebo tyče kruhového průřezu. Výztuha musí být pevně spojena s rámem dveří kvůli bezpečnosti posádky.



Obr. 6– Výztuha kruh. průřezu [13]



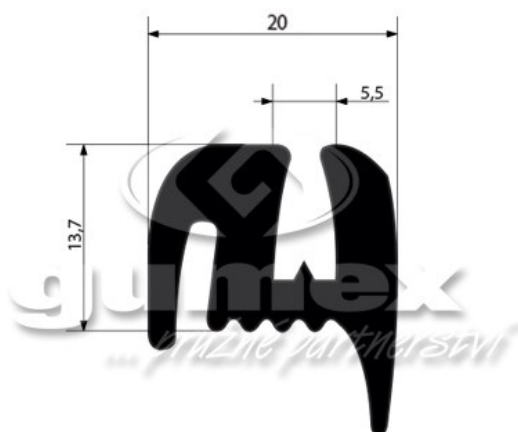
Obr. 7– Výztuha z profil. plechu [14]



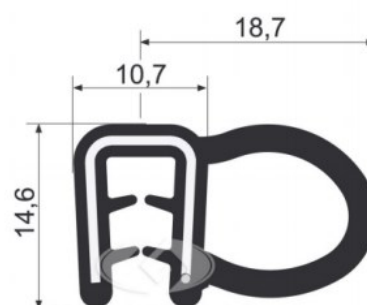
Obr. 8– Výztuhy použité na koprodukcčním voze [12]

1.7 Těsnění

Těsnění je nedílnou součástí automobilu, protože zabraňuje vniknutí vlhkosti a plynů do automobilu. Je vyrobeno z pružných materiálů jako je pryž, ale často má také v sobě kovovou nebo hliníkovou vložku. Pro těsnění oken se nejčastěji používají pryžové těsnění se semišovým povrchem u kontaktních ploch s oknem.



Obr. 9– Těsnění okna [11]



Obr. 10– Těsnění dveří [11]

1.8 Rám okna

Rozdílností dveří u některých vozů je rám okna. Používá se k uchycení okna a k jeho vedení při stahování. U konvenčních dveří je rám okna sestaven z dvou hlavních výlisků. U dřívějších automobilů byl ohýbán z profilu a následně přivařen k vnitřnímu plechu.

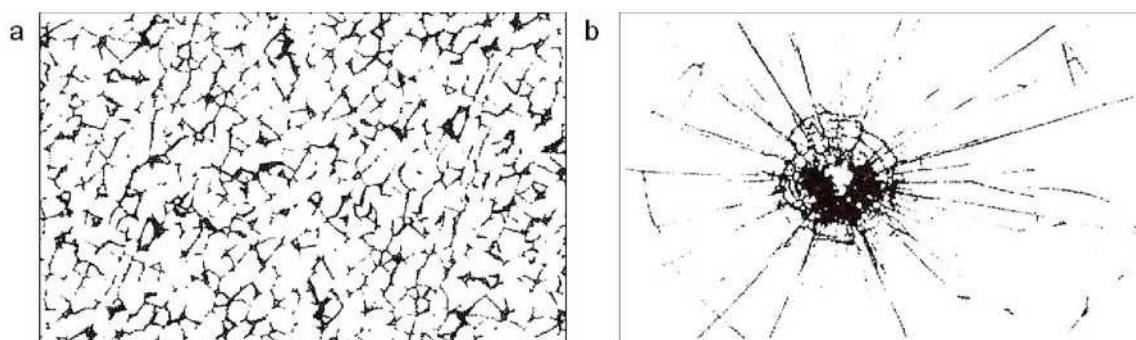
Některé sportovní vozy okenní rám postrádají. Jde o konstrukčně velmi pracný prvek. Sklo musí být pevně přichyceno ve dveřích, aby během jízdy nedocházelo ke chvění skla a přitom nemohlo dojít k násilnému vniknutí do automobilu. Okno musí být přimáčknuto na těsnění, tak aby bylo zamezeno pronikání vlhkosti a aerodynamického hluku do interiéru.

1.9 Okno

Pro zasklení oken karoserie se používají pouze bezpečnostní sklo. Je buď vrstvené, nebo z tvrzeného skla respektive jsou vyrobeny z plastických materiálů. Mohou být čirá nebo tónovaná. Skla automobilu musí mít dobré optické vlastnosti a musí být dostatečně pevná a chránit tak cestující a zároveň nesmí se při nárazu tříštit na ostré střepy.

Tvrzené sklo je homogenní materiál upravený kalením. Pnutí vzniklé tepelnou úpravou při nárazu vyvolá to, že se sklo rozpadne na malé tupé úlomky. Výhodou je levná výroba, tříštění po nárazu a velká tvrdost okna. Nevýhodou je to, že okno je po nárazu neprůhledné.

Vrstvené sklo je okno složené z více vrstev odlišných materiálů. Nejčastěji sklo a plastová fólie. Při nehodě vrstva folie drží střepy skla pohromadě. Výhodou je dobrý výhled i při puklém okně, pohlcení energie folií a protekce před slunečním zářením. Nevýhodou je komplikovaná výroba.



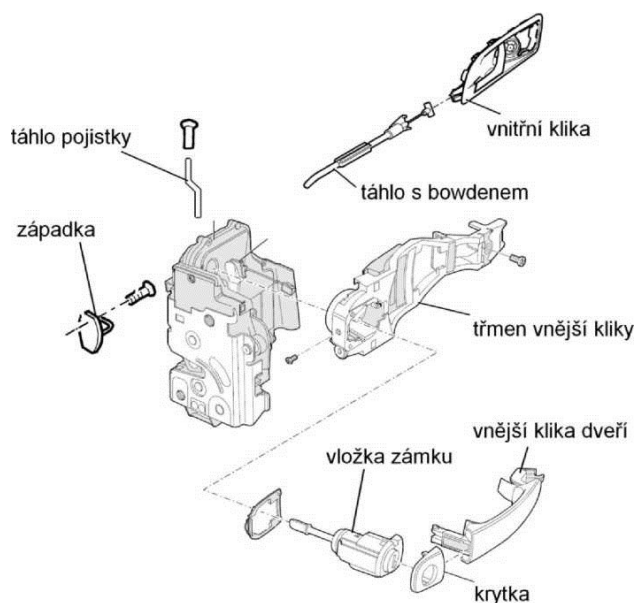
Obr. 11– a) Tvrzené sklo; b) Vrstvené sklo [10]

1.10 Zámek

Je to mechanismus, který zajišťuje dveře v karoserii a zabraňuje násilnému vniknutí do automobilu. Většinou má dvě polohy a to zaklapnutí a uzavření. Je navržen tak, aby nedošlo k samovolnému otevření dveří během jízdy. Ovládání zámků je několik a to ruční, automatické, centrální, jednotlivé nebo dálkové. Je také navržen tak, aby nedošlo k jeho vzpříčení během havárie. Testování se provádí dle norem EHK.

1.11 Klika

Klika dveří je součástí zámkové soustavy a je na vnější i vnitřní straně dveří propojena se zámkem pomocí lanka táhla či páky. K otevření dveří je nezbytné vyvinout určitou sílu tahem na páku. Zabrání se tak nahodilému otevření. Tlačítka pro otevření dveří musí být umístěna tak, aby o ně pasažér nemohl náhodně zavadit. Vzhled klik, tlačítek a jejich umístění podléhá bezpečnostním směrnicím, podle kterých se výrobci automobilů řídí.



Obr. 12– Zámková soustava [9]

1.12 Zpětná zrcátka

Vnější zpětná zrcátka zajišťují bezpečný boční výhled dozadu. Nejčastěji se používají dva typy umístění a to buď v trojúhelníku předního bočního okna, nebo na stopce dveří automobilu. Výjimečně jsou uchyceny nad předními blatníky nebo ke střeše automobilu. Nastavení zrcátek je elektrické nebo ruční a mohou být elektricky vyhřívaná, tudíž mohou zabránit v orosení a namrzání. Zrcátko na straně řidiče je asférické a dělené. Jedna třetina odrazové plochy je proměnlivě zakřivena, aby se zvětšil úhel pohledu. Často se také do zpětných zrcátek zabudovávají směrové svítilny.



Obr. 13– Zpětné zrc. Audi R8 GT [7]



Obr. 14– Zpětné zrc. Audi RS4 Avant [8]

1.13 Čalounění

Čalounění kryje mechanismy umístěné ve dveřích a dodává interiéru vzhled, sdružuje styl a funkčnost. Opěrky, madla, kapsy a přihrádky přispívají k funkčnosti a ergonomii automobilu. Panely čalounění jsou pokryty různorodým materiálem, jako je vinyl, kůže, tkanina nebo plast či kovové a lakované doplňky. Volba materiálu záleží na ostatních částech interiéru, kvůli celistvosti vzhledu interiéru. Čalounění musí také splňovat směrnice pro bezpečnost týkající se umístění ovladačů, zaoblení hran a materiálem, ze kterého je panel zhotoven.

1.14 Omezovač dveří

Omezovač dveří má úlohu brždění dveří při otevírání a zavírání. Zabraňuje jejich poškození a udržuje je v dané poloze otevřené jen částečně. Současným trendem jsou tři polohy otevření. Omezovač může být součástí samotného závěsu nebo je v podobě aretační vzpěry.

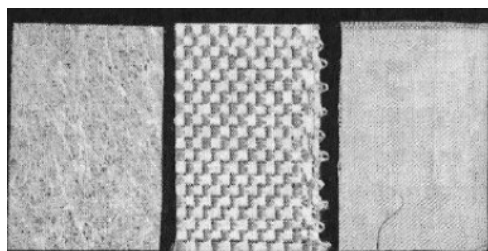


Obr. 15– Omezovač dveří [5]

1.15 Materiály těla dveří

V produkčních automobilech se využívá profilovaných a tvarovaných plechů. U kusové či specializované výroby automobilů se používá kompozitních materiálů pro výrobu karoserie či interiéru. Nejčastěji používaným kompozitním materiálem je sklolaminát. Méně často se využívá karoserie z uhlíkových vláken. Výhodou sklolaminátu je cena a jeho modifikovatelnost.

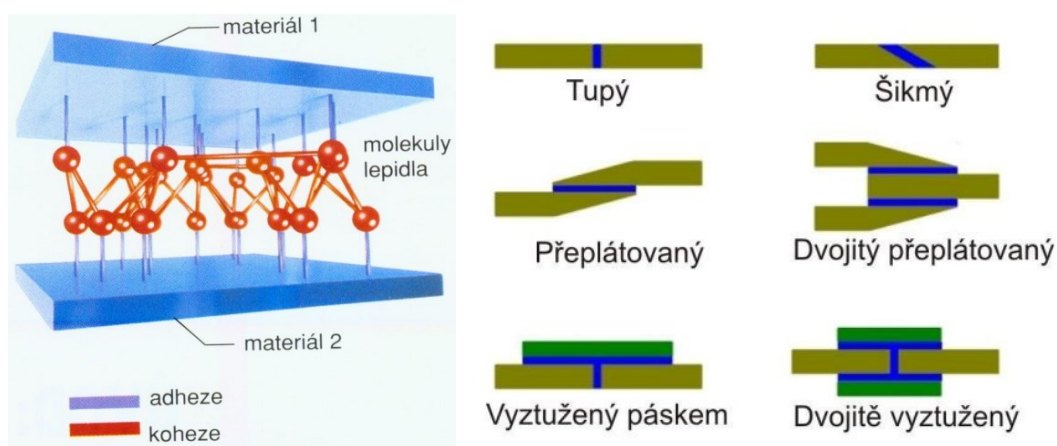
Vyrábí se tažením taveniny skla, zvláště E-skla (borosilikátového). Jednotlivá vlákna mají průměr asi 10 μm . Mezi jejich přední vlastnosti patří odolnost proti ohni. Mají vysokou pevnost v tahu, ale nízký modul pružnosti. Jejich pevnost snižuje vlhkost a odolnost vůči otěru je nízká.



Obr. 16– Plátina skelného vlákna [6]

1.16 Lepení

Lepení znamená spojení dvou ploch pomocí lepidla, které je vhodné pro obě lepené plochy. Každé lepidlo je v době lepení v kapalném stavu. Pevnost lepení závisí na adhezi, kohezi, smáčivosti a pevnosti lepeného materiálu.



Obr. 17– Princip lepení a typy spojů [4]

Principy lepení podléhají určitým pravidlům, jak dva lepené materiály mají být vzájemně umístěny.

2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Úkolem bylo navrhnout funkční model dveří sportovního vozu a jeho následné ukotvení k rámu automobilu. Návrh by měl splňovat požadavky norem EHK.

V této kapitole byla navržena různá provedení dveří sportovního vozu. Dílčími úkoly jsou návrh a výpočet rámu dveří a návrh kinematiky spouštěče oken.

2.1 Okrajové podmínky

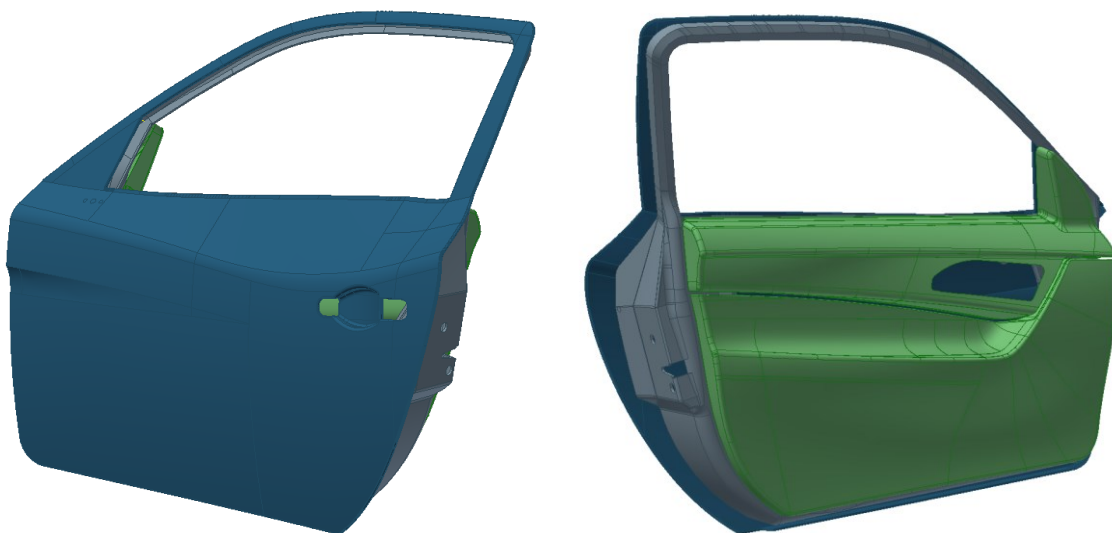
Při návrhu funkčního modelu dveří se muselo počítat s mnoha omezujícími podmínkami, které mi ovlivňovaly konečný návrh a jeho konečné uložení na rám karosérie. Tyto okrajové podmínky lze rozdělit do několika skupin:

a) Zadané součásti

Pro tuto diplomovou práci byla zadána od zadavatele skořepina dveří, postranice automobilu, interiéru, původní rám spouštěče okna, okno a těsnění (3D modely a reálné součásti), od kterých se odvíjela diplomovou práci. Nebyly zde možné úpravy na karoserii, které by zasáhly do designu automobilu.



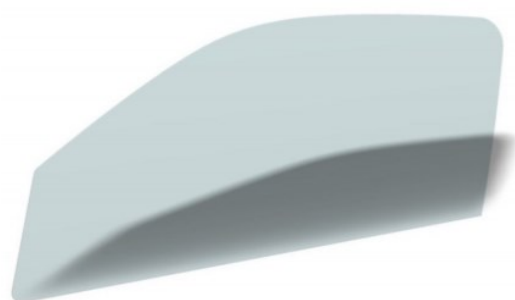
Obr. 18– Postranice automobilu SCX



Obr. 19– Skořepina dveří a interiéru



Obr. 20– Rám spouštěče okna (3D sken)



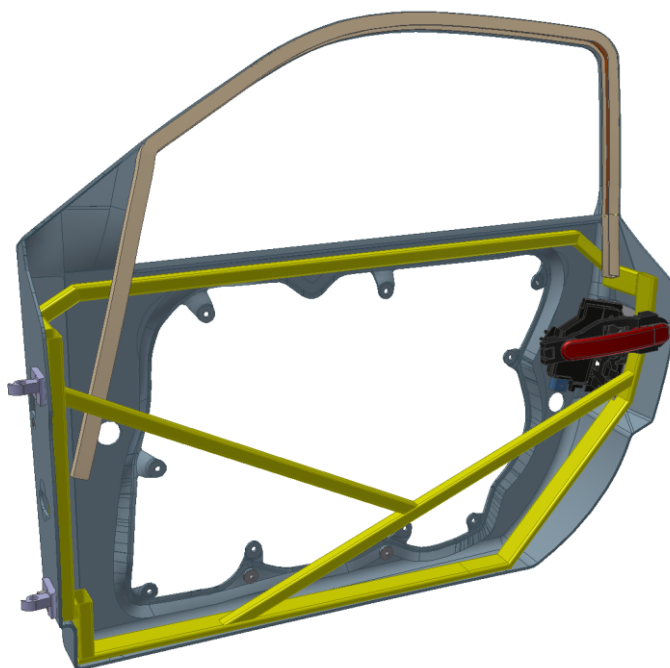
Obr. 21– PL okno vozu SCX

2.2 Variantní návrhy rámu

V této podkapitole byly uvedeny návrhy rámu dveří. 3D modely těchto rámu se vytvářely v programu Autodesk Inventor Professional 2013. Pro posuzování variant byly vytvořeny orientační MKP výpočty. Okrajové podmínky zahrnují pevné uchycení v místě pantů dveří, gravitační sílu F_G a sílu zatěžující $F_Z = 400 \text{ N}$ na rám ve směru kolmo k vozovce.

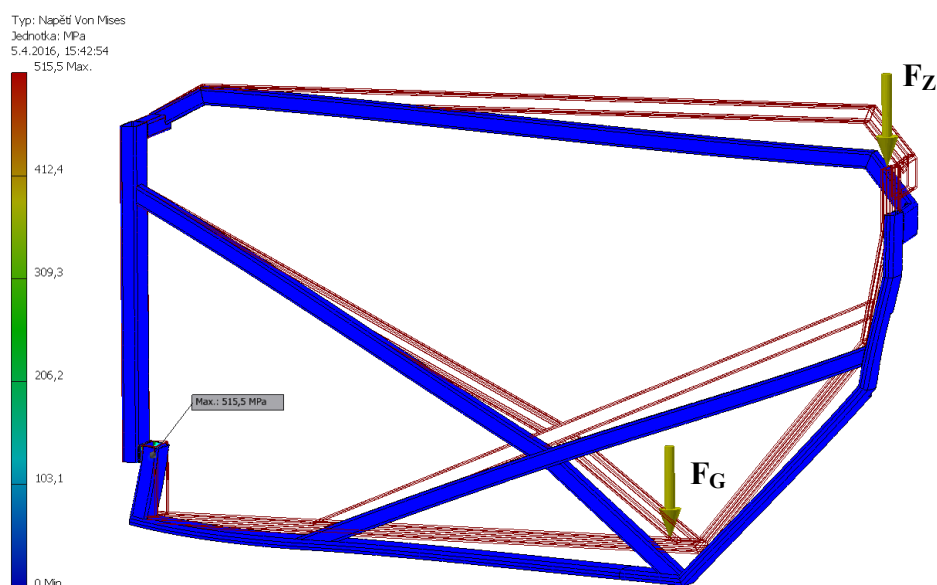
Varianta 1

První z variant v návrhu rámu byla varianta z ocelových, převážně plochých dutých profilů. Tento rám poskytuje dostatečné zpevnění díky velké ploše lepených spojů a je také jednoduchý na výrobu. Velkou nevýhodou je hmotnost tohoto rámu, která byla simulována na 4,3 kg.



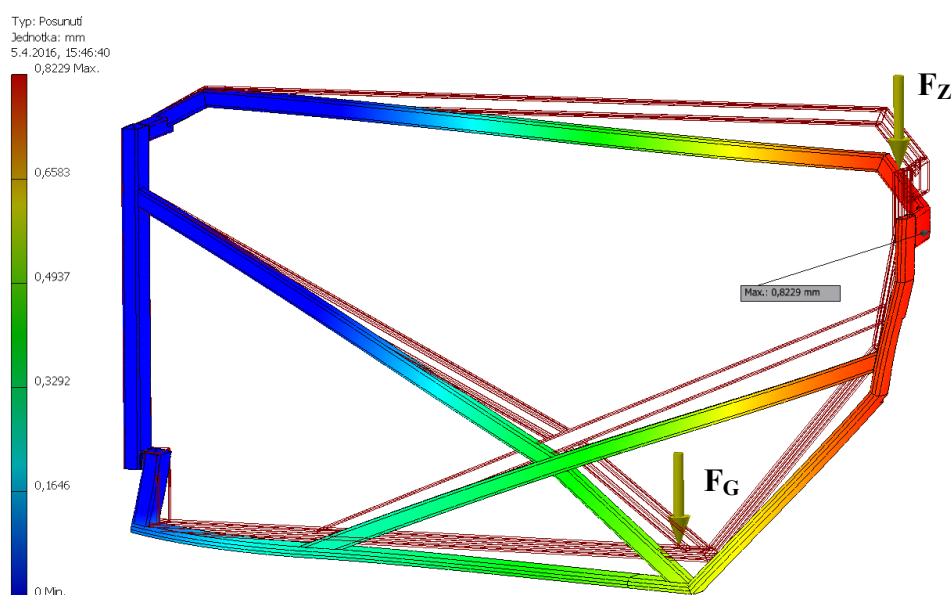
Obr. 22– Rám z ocelových profilů

První výpočet se zabýval analýzou napětí rámu dveří. Výsledné největší napětí je 515,5 MPa (viz obr. 23), což je špičkové napětí ve spodní části rámu. Toto napětí je vzhledem k materiálu S355 s mezí kluzu 355 MPa daleko za hranicí únosnosti, tudíž nevyhovuje.



Obr. 23– Analýza napětí- varianta 1

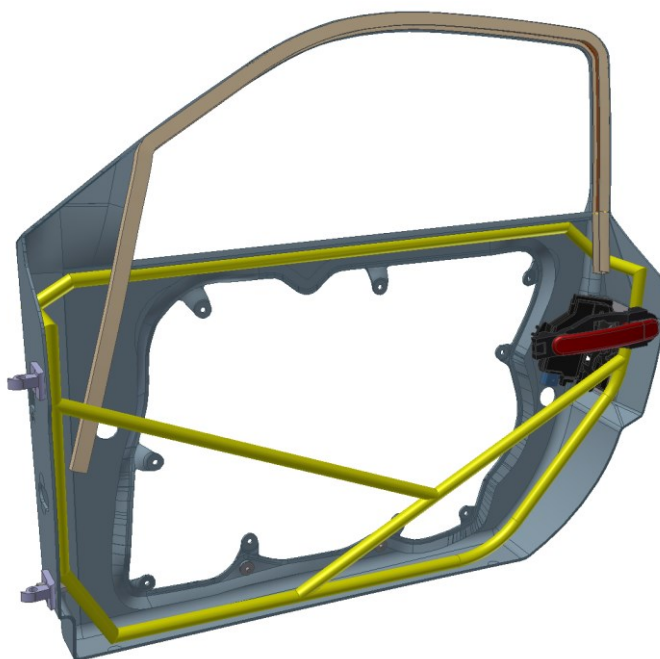
Celkové největší deformace rámu (obráz. 24) dosahovaly vyhovujících hodnot a to 0,82 mm na zatížené straně rámu. Pro použití na automobilu jsou tyto deformace vyhovující.



Obr. 24– Analýza celkových deformací- varianta 2

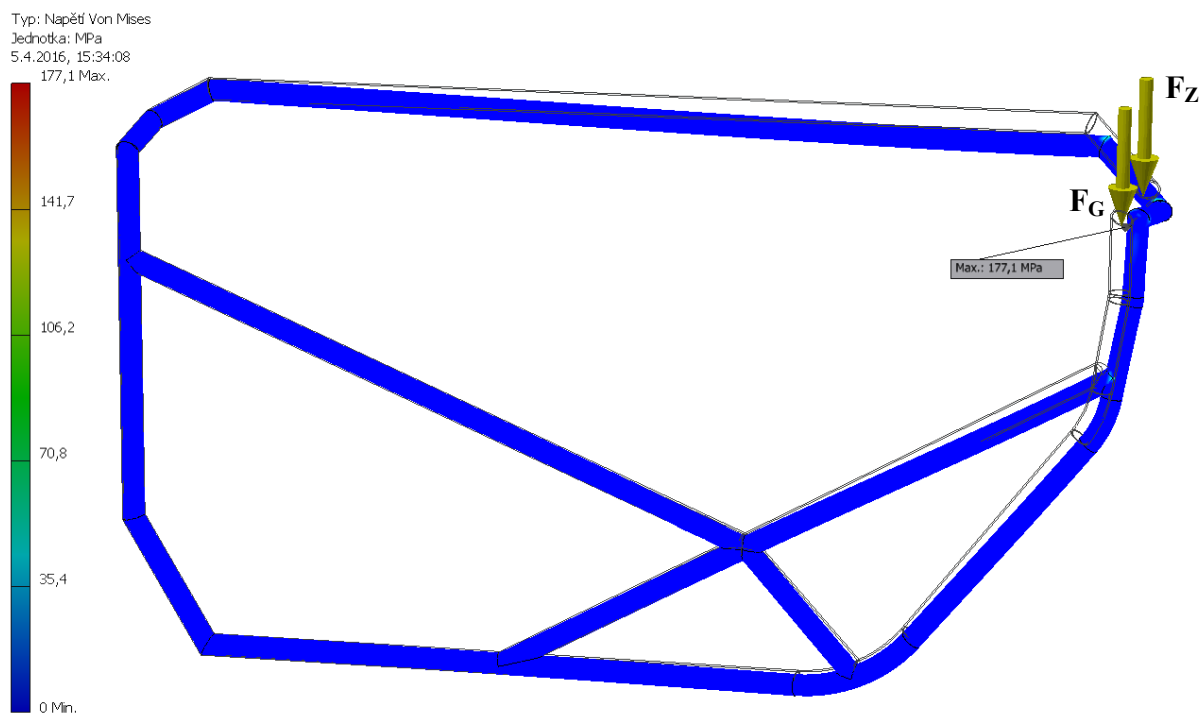
Varianta 2

Tato varianta rámu představuje oproti minulé variantě změnu v použitém materiálu. Rám je navrhnut z hliníkových profilů se zaručenou svařitelností o průměru 20 mm a tloušťce 1,5 mm. Velkou výhodou tohoto rámu je hmotnost, která činí 0,75 kg.

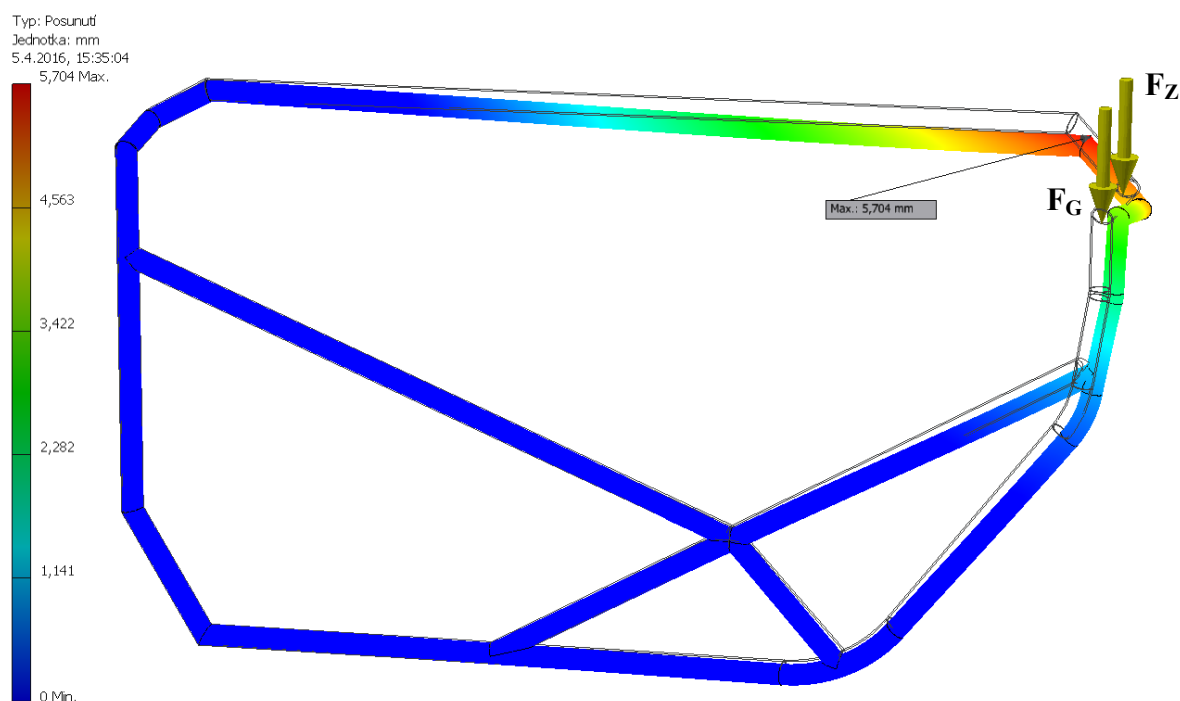


Obr. 25– Rám z hliníkové trubky

U varianty 2 se při použití rámu z trubek snížilo maximální celkové napětí na 177 MPa (viz obr. 26). Toto napětí se nachází na zatížené straně rámu v oblasti působíště sil. Rám této varianty vyhovuje mezi pevnosti a mezi kluzu použitého materiálu.

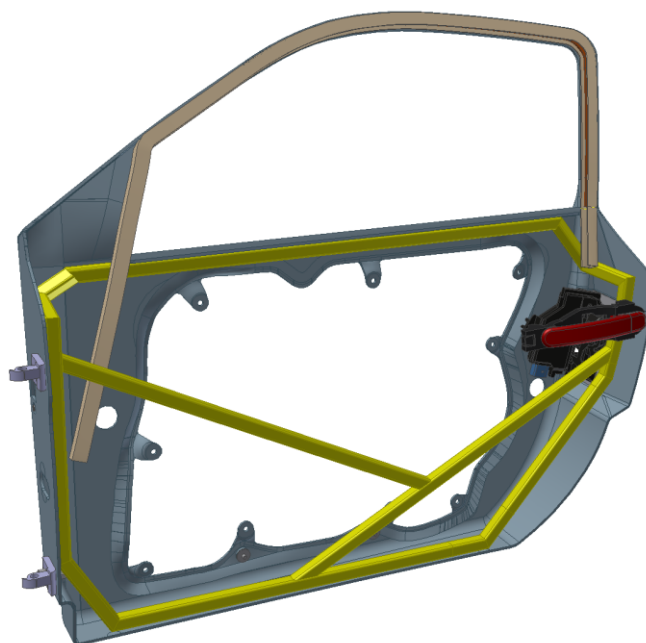
*Obr. 26– Analýza napětí- varianta 2*

Na obrázku 27 jsou znázorněny celkové deformace rámu. Vzhledem k první variantě jsou deformace mnohem vyšší. Pro případ použití tohoto rámu na dveře automobilu jsou deformace nevyhovující.

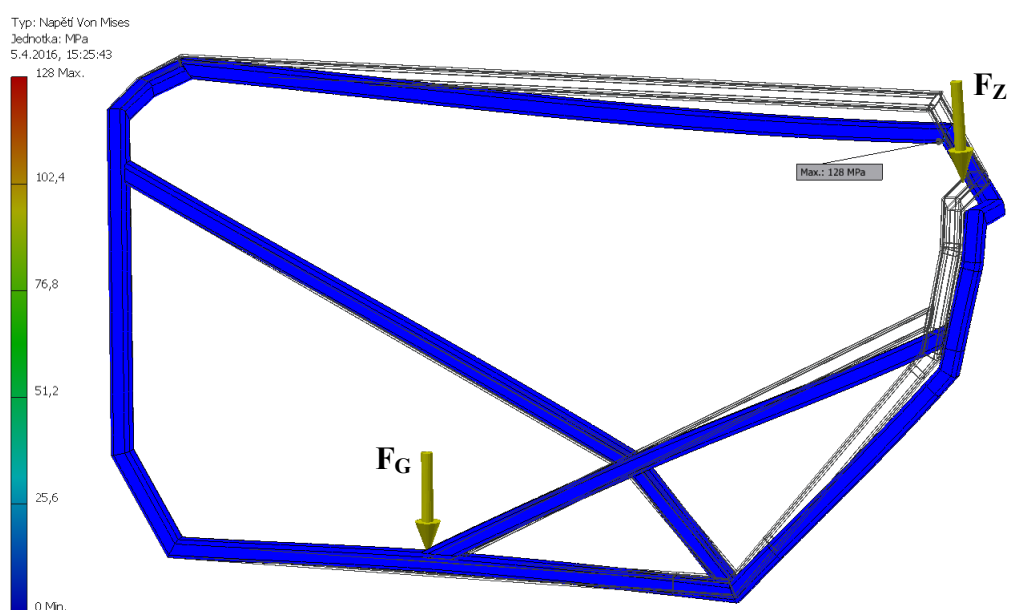
*Obr. 27– Analýza celkových deformací- varianta 2*

Varianta 3

Třetí variantou je rám z hliníkových profilů 20x20x1,5 mm. Hmotnost rámu činí pouze 1,13 kg a oproti variantě 2 je použití profilů se čtvercovým průřezem z hlediska pevnosti a tuhosti výhodnější.

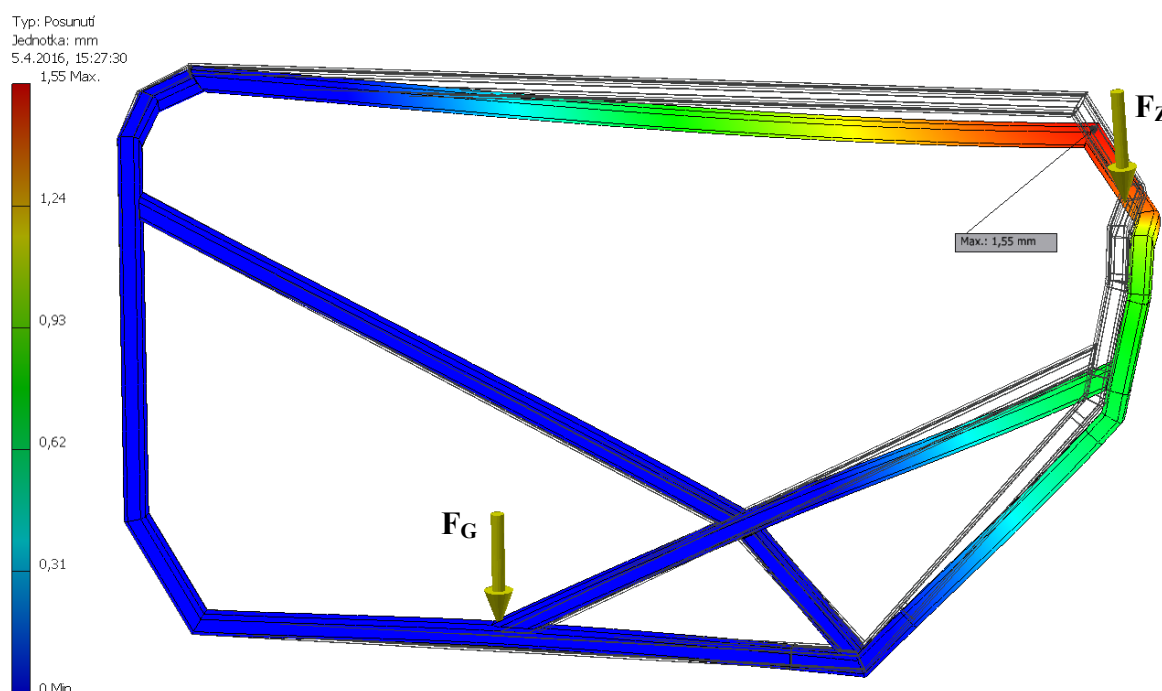


Obr. 28– Rám z hliníkových profilů



Obr. 29– Analýza napětí- varianta 3

Pro tuto variantu jsou maximální celkové deformace nejmenší. Největší napětí vzniká ve spoji profilů na straně působící zatěžující síly. Maximální napětí je 128 MPa. Maximální napětí vyhovuje mezi kluzu a mezi pevnosti pro použitý materiál.



Obr. 30– Analýza celkových deformací- varianta 2

Celkové deformace rámu byly vypočteny na 1,5 mm v lokalitě působící zatěžující síly. Deformace je akceptovatelná k použití na dveřích automobilu.

Vyhodnocení variant

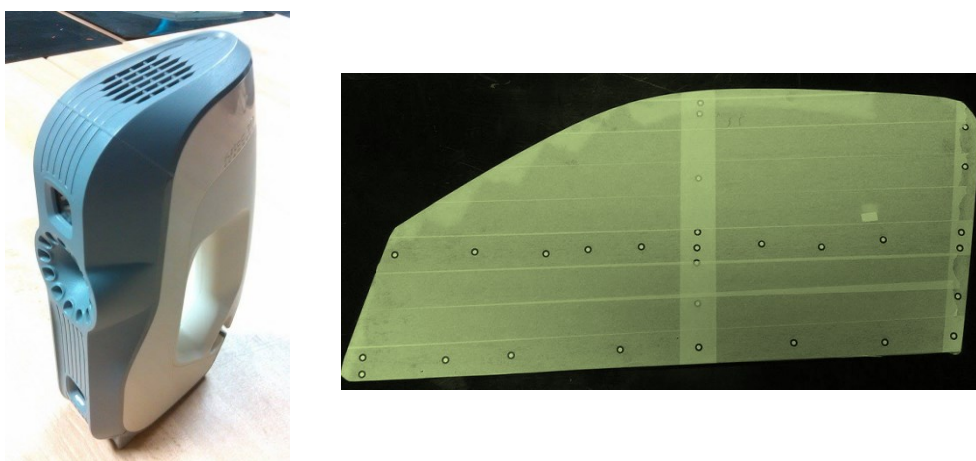
Jako nejvhodnější varianta byla zvolena varianta číslo 3. Jedním z důvodů volby byla jednoduchost a nenáročnost výroby oproti trubkovému rámu varianty 2. Další výhodami je malá hmotnost oproti variantě 1 a větší styčná plocha pro přilepení, ke sklolaminátové vnitřní části dveří, oproti variantě 2. Hlavní výhodou varianty jsou výsledky předběžné varianty oproti jiným variantám. Navrhovaná metoda svařování hliníkového rámu je metoda TIG a navržený materiál profilů je EN AW 7020 se zaručenou svařitelností.

2.3 Návrh kinematiky stahování okna

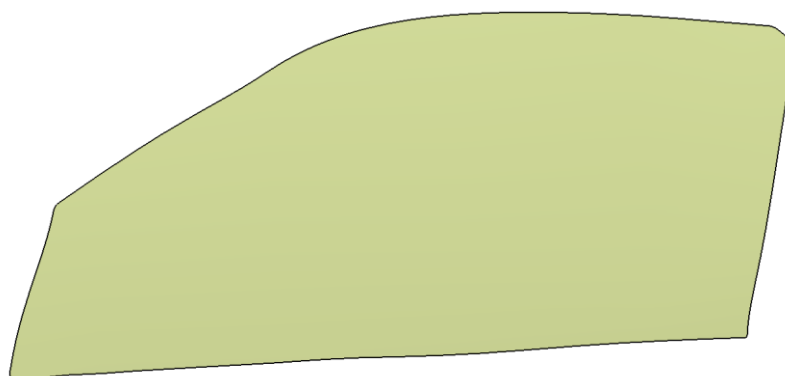
Kapitola se zabývala návrhem kinematiky stahování oken. Rám spouštěče oken byl použit z automobilu Škoda Octavia II. Na tento rám byl navržen nový lankový spouštěč s vodicími lištami. Pohon systému byl použit z výše jmenovaného vozu.

a) Skenování okna

Pro návrh vodicích lišt lankového spouštěče okna bylo nutné znát „reálné“ zakřivení okna (tzn. po výrobě). Vodicí lišty musí mít stejné nebo blízce podobné zakřivení jako okno a rám okna. Pro skenování byl použit Artec EVA 3D skener (obr. 31). Tento skener je ruční, s bodovou přesností 0,1 mm a rychlostí snímání 16 snímků za sekundu.



Obr. 31– 3D skener Artec EVA a skenovaný objekt (vpravo)



Obr. 32– 3D sken okna (upravené 3D data)

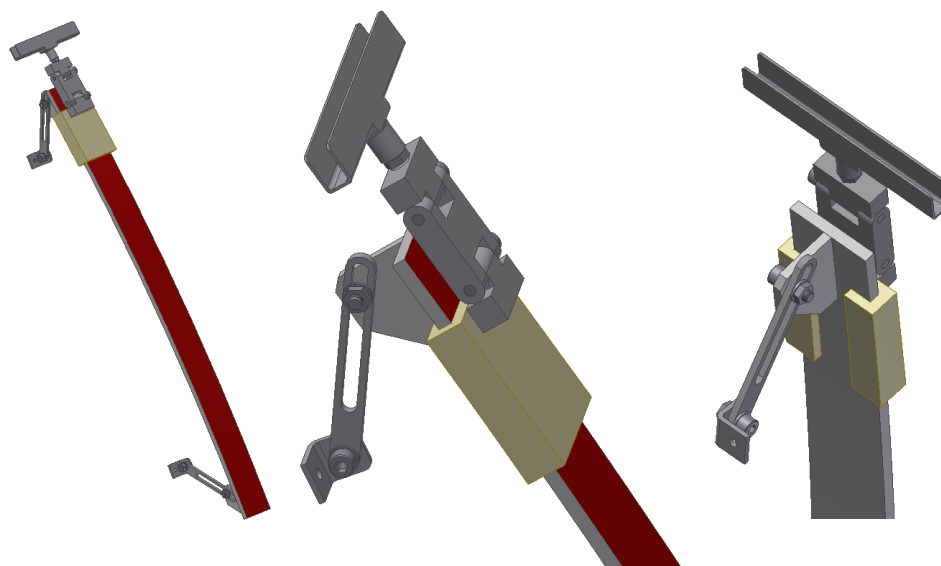
Naměřený rádius okna z 3D skenu je cca 2700 mm a liší se od výkresové dokumentace o 200 mm ($R_{\text{výkresový}} = 2500$ mm). Pro zpracování naskenovaných dat byl využit program Catia V5 R21.

b) Měření na dveřích automobilu SCX

Pro kontrolu zahrnutí všech okrajových podmínek bylo nutné změřit zakřivení dveří automobilu. Zjistilo se, že zakřivení je proměnlivé, tudíž se udělal aritmetický průměr všech naměřených zakřivení dveří automobilu. Výsledné zakřivení se aritmetickým průměrem stanovilo na 3300 mm. Pro měření bylo použito digitální měřidlo rádiusu s nástavcem o délce 100 mm.

c) Návrh testovací vodící lišty

Návrh testovacích vodících lišt byl přizpůsoben zakřivení okna. Zkušební rádius vodící lišty je 2750 mm. Pro zkoušku bylo nezbytné vyrobit polohovatelný model. Výsledná funkční poloha bude naskenována. 3D sken byl použit pro zanesení polohy stahovacích lišt do CAD modelu a následně byl navržen celý lankový systém spouštěče oken.

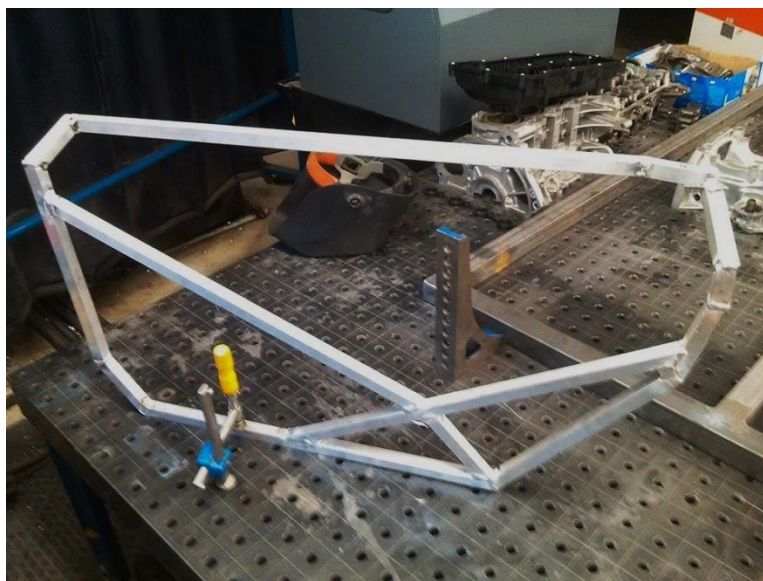


Obr. 33– Testovací vodící lišta s jezdcem

Testovací model byl sestaven z pohyblivých úchyťů na rám spouštěče okna, vodící lišty, jezdce a úchyty okna s nastavitelnými elementy.

d) Test vodících lišt

V laboratořích technologie stavby automobilů fakulty FMMI se vyrobila testovací vodící lišta s jezdcem a rám dveří vozu SCX (obr. 34 a 35). S touto skutečností se mohlo dále pracovat na testování navržené kinematiky spouštěče okna. Vodící lišta se připevnila na rám spouštěče okna, z vozu Škoda Octavia II, a na ni se pak nasunul jezdec. Úchyt okna se poté přichytil k oknu. Pro spojení se použil silikonový tmel.



Obr. 34– Výroba rámu dveří



Obr. 35– Sestavení mechanismu na dveřích

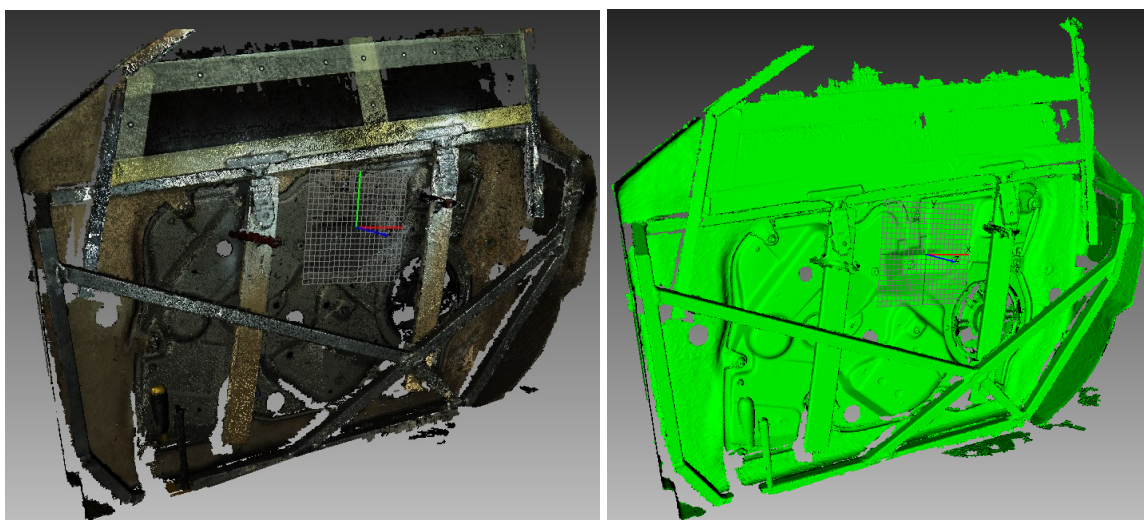
e) Skenování polohy testovacích vodících lišt

Pro ověření funkční polohy vodící lišty a úchytů okna se naskenovala poloha vůči rámu spouštěče okna. Tyto data z 3D skeneru byla převedena do programu Catia V5, kde byla zpracována a převedena do ploch. Upravené data se využila pro zanesení přesné polohy kinematiky stahování, z které se vycházelo při návrhu konečné varianty spouštěče oken.



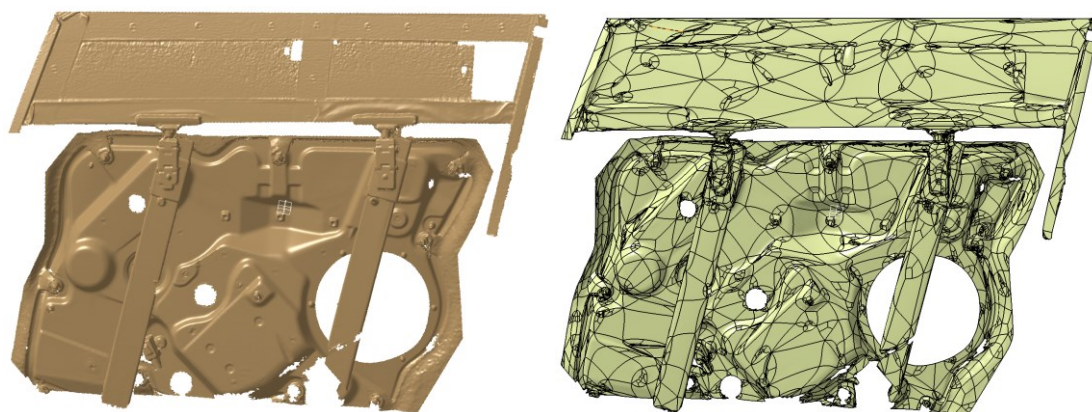
Obr. 36– Příprava skenovaných ploch

K přípravě skenovaných ploch se použilo křídového spreje Crack Marker MR 2000. Tento sprej se použil pro lesklé a nesnadně skenovatelné plochy.



Obr. 37– Připravený sken pro další úpravy

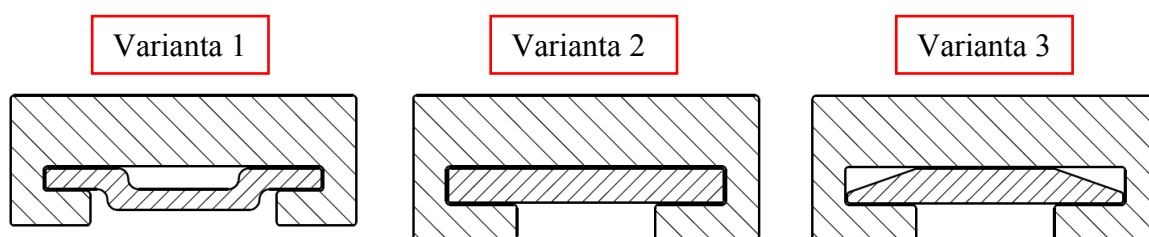
Mezikrokem skenování je výstup ze skenovacího programu Artec Studio 9.0 (viz obr. 37). Pro další úpravu byl zvolen program Catia V5, kde se výstupní sken z programu Artec Studio ořezal od nežádoucích ploch a následně se převedl z „mraku bodů“ do ploch (obr. 38).



Obr. 38– Výstupy upravených skenů

f) Návrh spouštěče okna

Návrh spouštěče okna probíhal v programu Autodesk Inventor Professional 2013, kde byly vytvořeny modely i rendery.

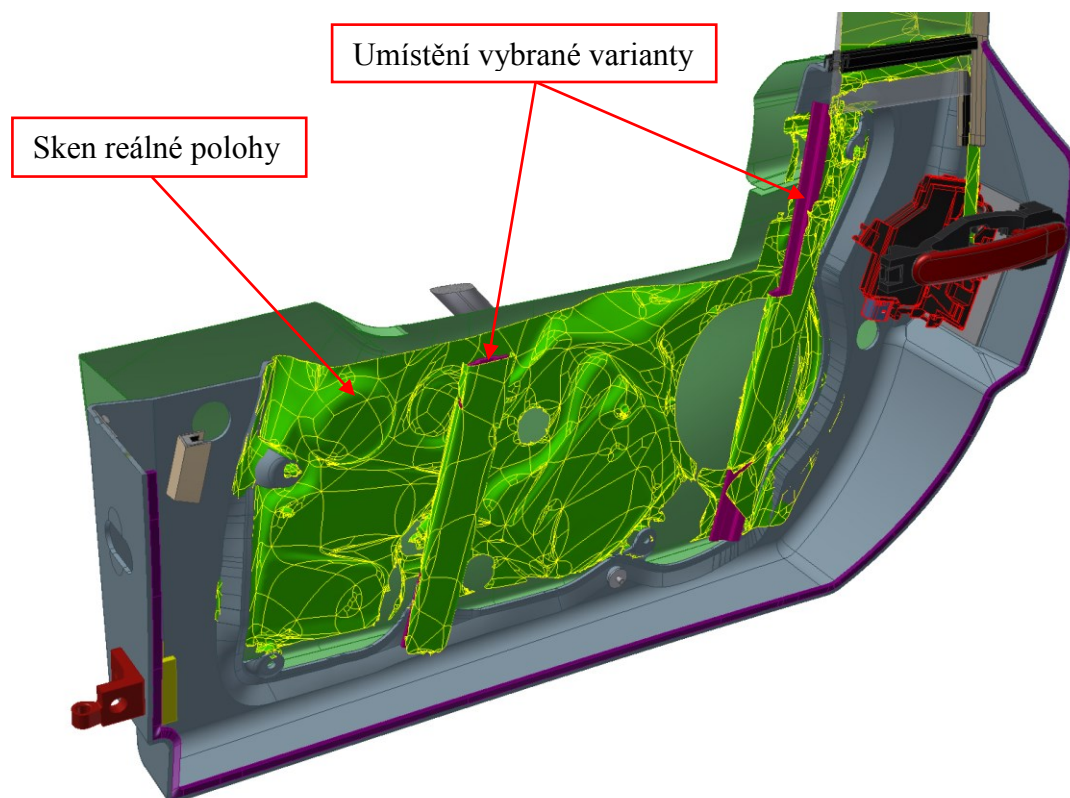


Obr. 39– Návrh variant profilů

Při posuzování tří navržených variant (obr. 39) bylo nutné uvážit vliv tření při posouvání po vodících lištách. Pro zmenšení koeficientu tření byl navržen jezdec ze silonového materiálu a vodící lišta z hliníku s drsností funkčních ploch Ra 0,8.

Kvůli velikosti styčné plochy a velkým třecím ztrátám, volím variantu 2 a variantu 3 jako znevýhodněnou vůči variantě 1. Z hlediska výroby na 5ti osém obráběcím centru jsou varianty 2 a 3 jednodušší.

Variantu 1 byla zvolena jako nejlepší ze všech, kvůli lepšímu třecímu koeficientu. Tato varianta byla dále rozpracována.

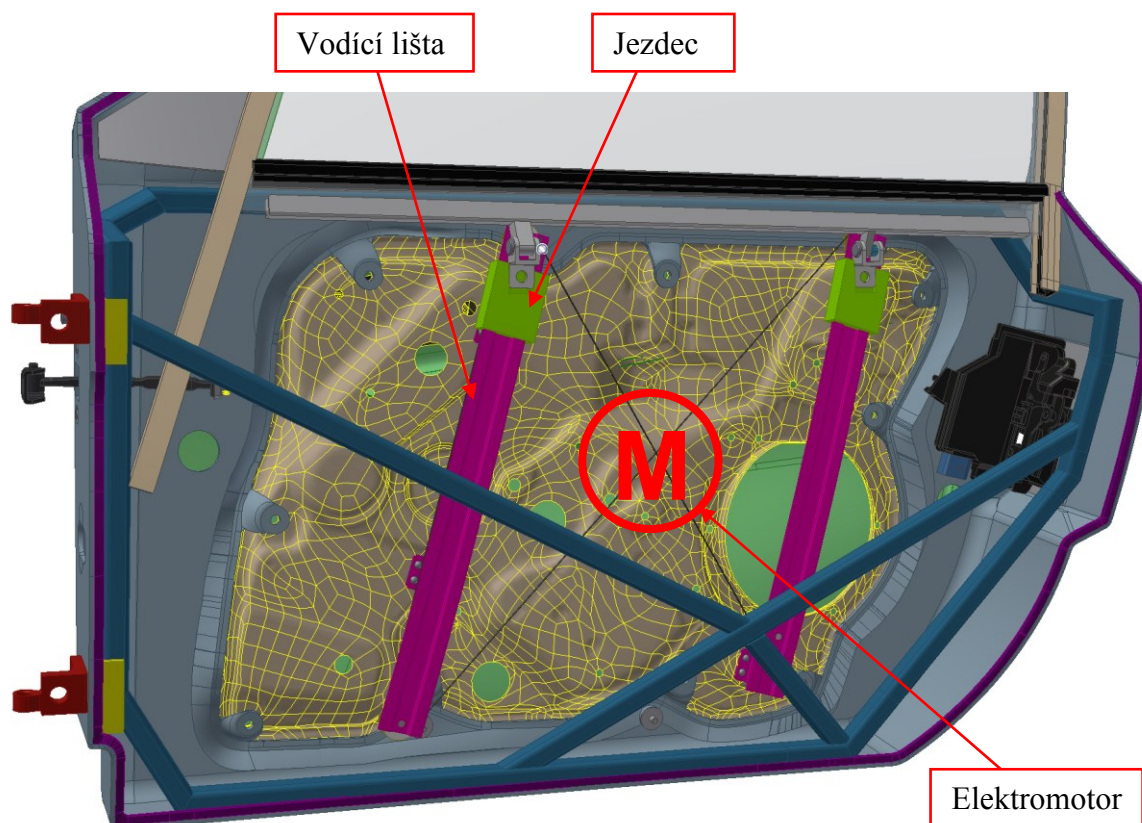


Obr. 40– Umístění vodících lišt dle 3D dat ze skenování

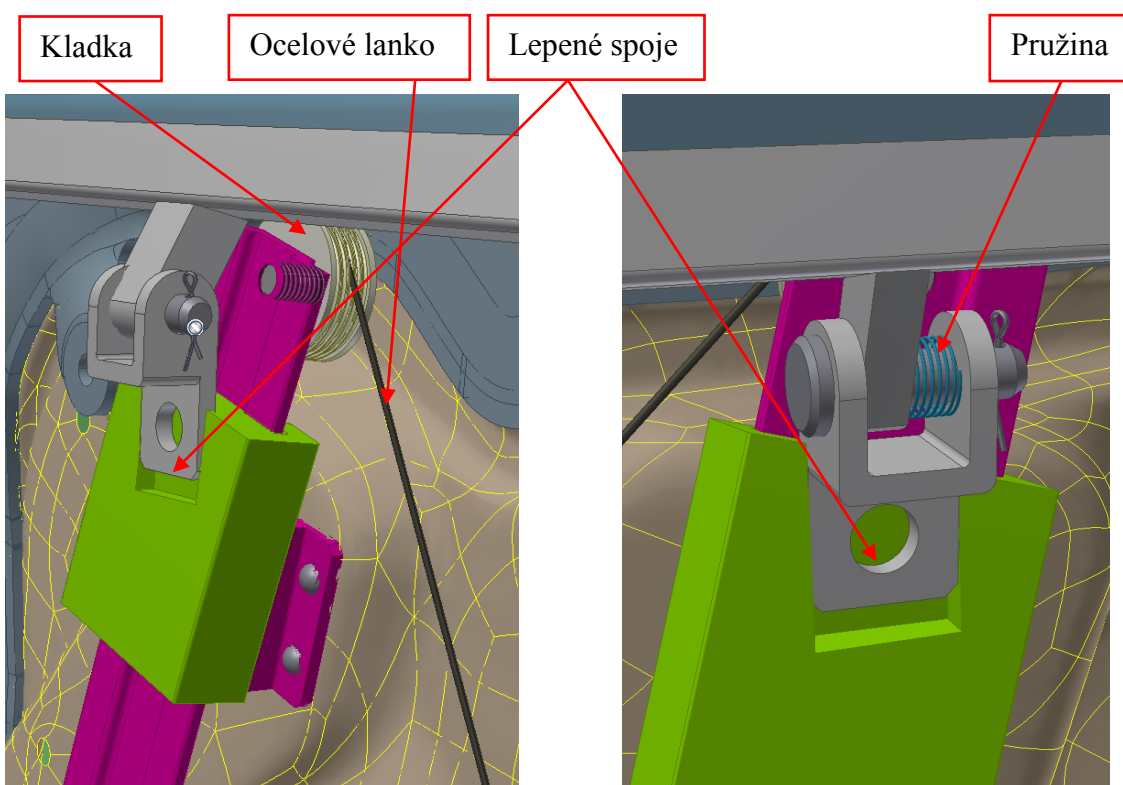
Umístění vodících lišt se podrobovalo skenovaným datům a naskenované poloze testovacích vodících lišt viz obr. 40. Nové vodící lišty byly umístěny do výchozí polohy.

Následoval návrh uchycení okna a jezdce viz obr. 41. Jezdce vodící lišty byly vytisknuty na 3D tiskárně. Pohon stahování okna je zajištěn pomocí elektrického krokového motoru ze spouštěče oken z vozu Škoda Octavia II. Na obrázku 40 je názorně vidět, že pohyb jezdce je tažen přes ocelové lanko a kladky, které jsou v horní i spodní části vodících lišt. Dále na obrázcích 42 a 43 je vidět mechanismus uchycení okna a to na levé straně pevný a na pravé straně pohyblivý (pomocí pružiny), kvůli ochraně skla před prasknutím. Spojení úchytů okna je realizováno pomocí čepu a závlačky.

Pro spojení vytištěného jezdce a úchytu okna bylo použito rychle tuhnoucího lepidla Sika FastFix 5221, které je určeno pro lepení více materiálových povrchů.



Obr. 41– Náhled na sestavené dveře bez vnějšího laminátového dílu a kliky

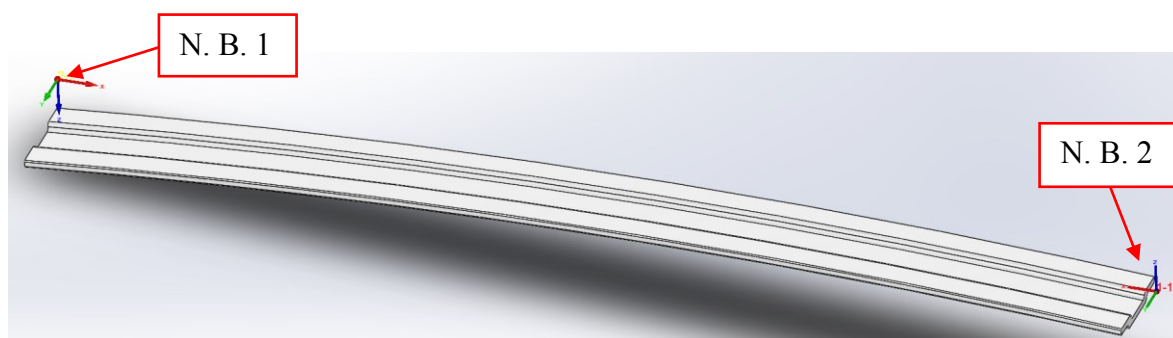


Obr. 42– Levá strana uchycení okna

Obr. 43– Pravá strana uchycení okna

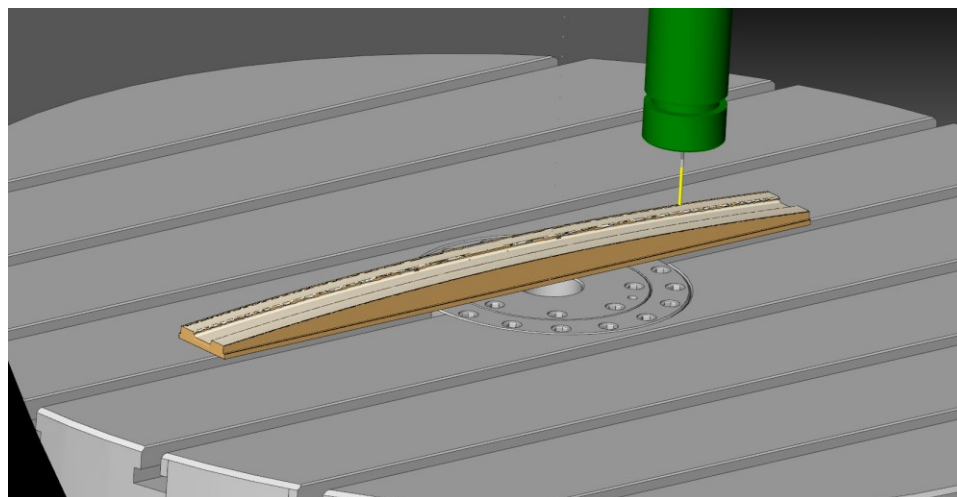
g) CAM programování vodící lišty

Pro programování výrobních dat spouštěče oken se využilo programu SolidCAM sdruženého s programem SolidWorks. Výroba probíhala v laboratoři moderních technologií víceosého CNC obrábění fakulty FMFI. Pro výrobu bylo použito 5 osé frézovací centrum Litz LU-800.



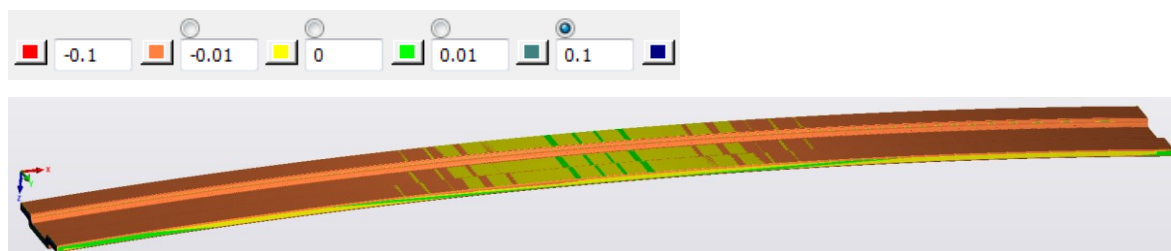
Obr. 44– Nulové body obrobku

Pro obrobek byly určeny dva nulové body, tudíž bude vyroben na dvě upnutí. Pro upnutí obrobku bylo nutné vyrobit speciální vrtaný přípravek.



Obr. 45– Simulace programu v prostředí „Simulace stroje“

Prostředí „simulace stroje“ (obr. 45) simuluje pohyb veškerých komponent na stroji a kontroluje jejich kolize. Celý program byl v tomto prostředí simulován a proběhl bez kolizí.

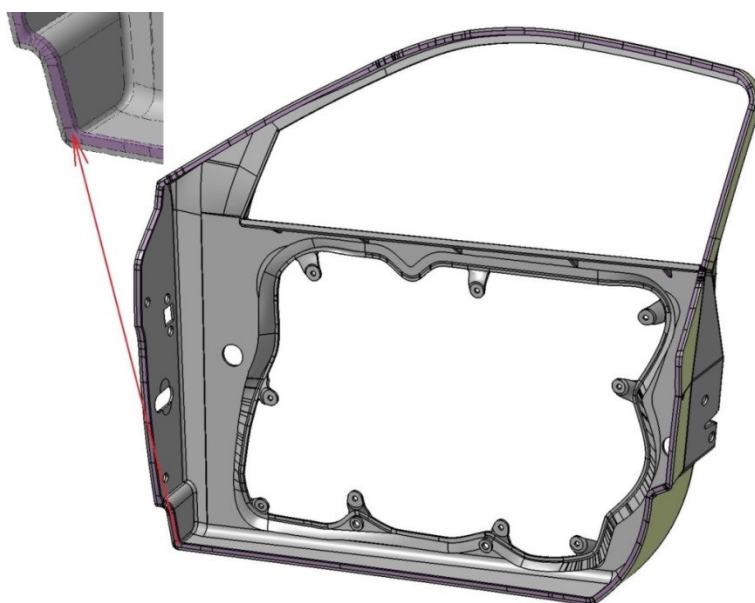


Obr. 46– Rozměrová kontrola obrobeného dílu

Po simulování obrábění proběhla rozměrová kontrola obrobku. V horní části obrázku 46 je znázorněno měřítko tolerancí dle barev. Rozměry, které jsou přesné (ideální) jsou označeny žlutou barvou a oranžová barva, která převažuje je v toleranci -0,01mm až 0mm. Pro případ použití na spouštěč okna jsou tyto odchylky na obrobku zcela v pořádku.

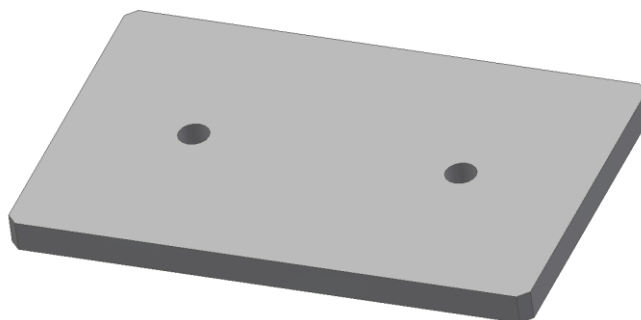
2.4 Úpravy dveří a systému zavěšení

Z původních dveří vozu SCX se ukázalo, že je potřeba upravit několik dílů. Prvním takovým dílem byla vnitřní laminátová část dveří. Otázkou u této části bylo problematické lepení vnitřní a vnější části dveří a to nedostatečná styčná plocha. V úvaze této problematiky byl navržen lem pro zvětšení styčné plochy (obr. 47). Touto úpravou se vyhnulo koutovému lepení.



Obr. 47– Úprava plochy pro lepení

Z dalších důležitých bodů byla volba pantů (při zachování stejné kinematiky otvírání dveří) a dorazů dveří. Původní použité panty z vozu Škoda Octavia II se zdály jako vhodné, ale byla zde nedostatečná vůle mezi lamináty postranice a dveřmi. Z toho důvodu jsem navrhl plech (obr. 48), který se použije jako podložka pod panty a tím se způsobí oddálení laminátů od sebe. Vůle mezi lamináty lze nastavit počty (tloušťkou) podložek.



Obr. 48– Podložka pod panty dveří

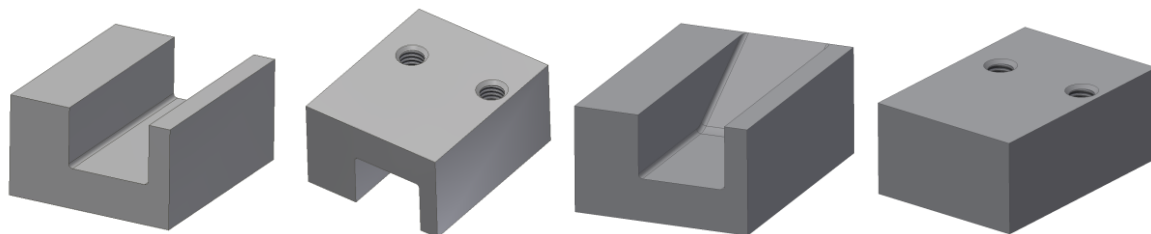
Dorazy dveří byly použity také z výše uvedeného vozu. Pro použití na těchto dveřích byly dostatečné, ale s omezeným chodem. Proto bylo navrženo použití dorazů z vozu Škoda Superb II, který má dorazy s delším chodem a stejnou zástavbou jako u Octavie II.

Pro vyztužení laminátu dveří při uchycení kliky, dorazu dveří, zámku a zrcátka byly vytvořeny specificky tvarované plechy z nerezové oceli (obr. 49). Tyto plechy jsou k nalezení pod výkresy DP-VLA0035-02 až DP-VLA0035-06.

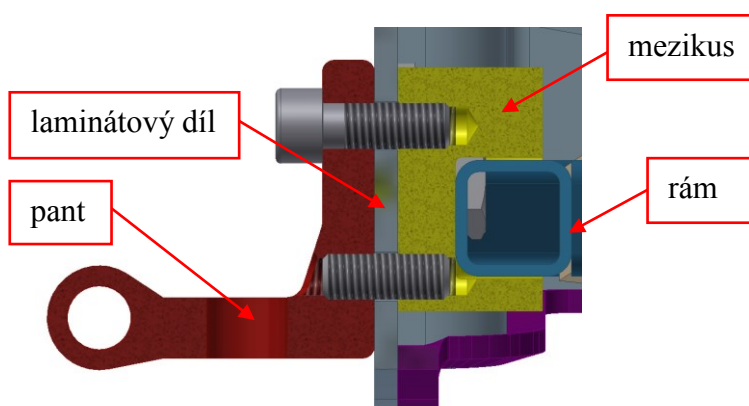


Obr. 49– Výztuhy laminátu pod součástmi

Na vybranou variantu rámu dveří se vymodelovaly vhodné mezikusy mezi rám a panty dveří. Tyto součásti jsou znázorněny na obr. 50 a také na obrázku 51 sestavy.



Obr. 50– Mezikusy rámu a pantů



Obr. 51– Spoj pantu, laminátu, mezikusu a rámu dveří

3 VÝPOČTY A MKP

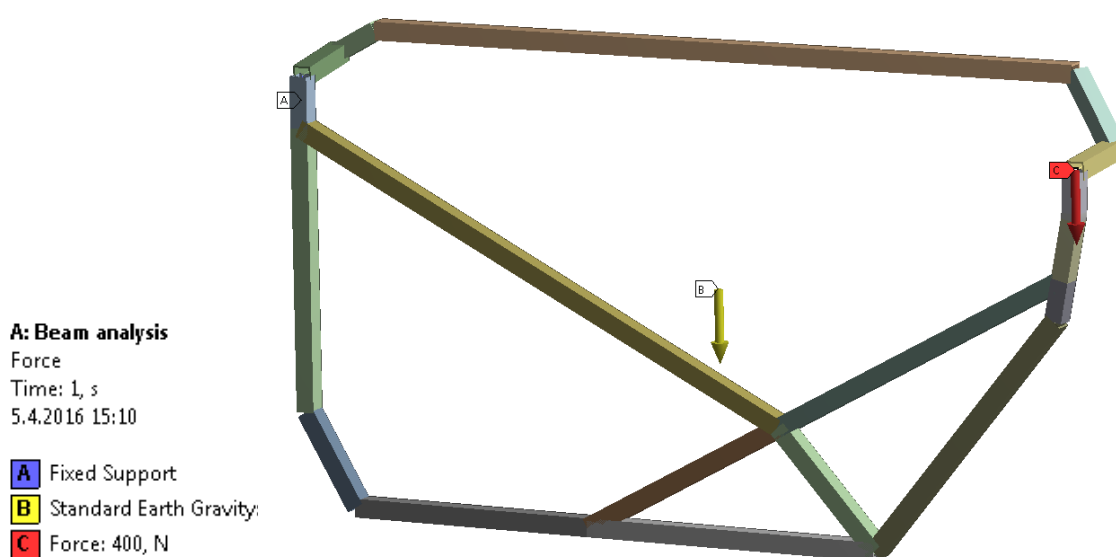
Tato kapitola se věnuje podrobné analýze vybraných komponent a jejich výpočtu. Část výpočtů se vytvořila v programech Autodesk Inventor Professional 2013 a Ansys Workbench.

3.1 Výpočet rámu dveří

Pro výpočet rámu dveří vozu SCX byl použit Ansys Workbench 16.1. Ve výpočtu se uvažovalo statické zatížení s dynamickým koeficientem bezpečnosti.

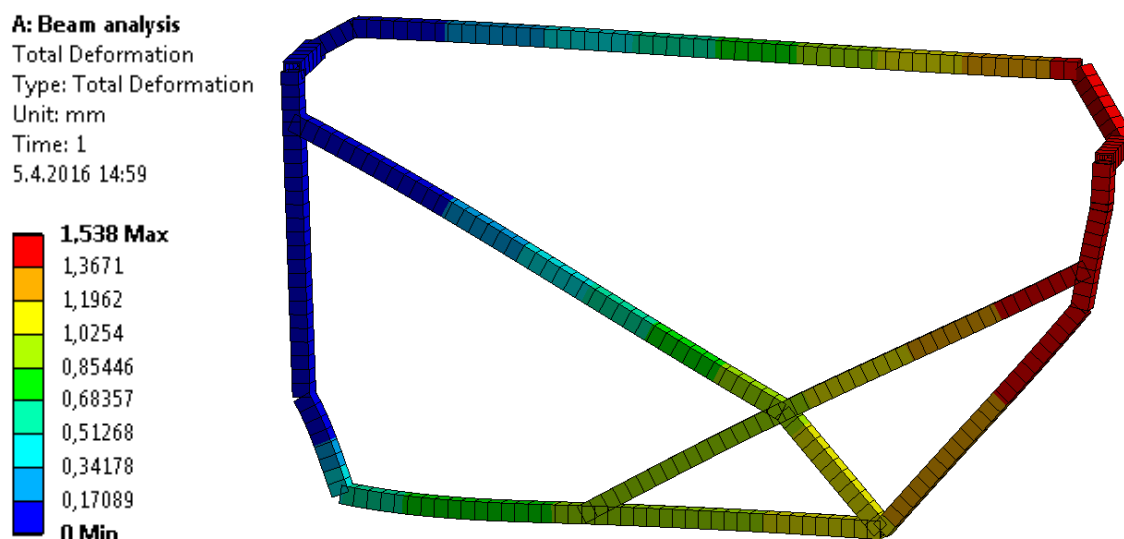
a) Prutová (beam) analýza

Okrajové podmínky (obr. 52) jsou stanoveny jako u předběžných výpočtů v kapitole 2.2. Fixní (pevná) příčka je označena bodem A. Bodem B je označena tíhová síla, která působí v těžišti rámu. Zatěžující síla je označena bodem C a dosahuje hodnoty 400N.



Obr. 52– Okrajové podmínky (Beam analysis)

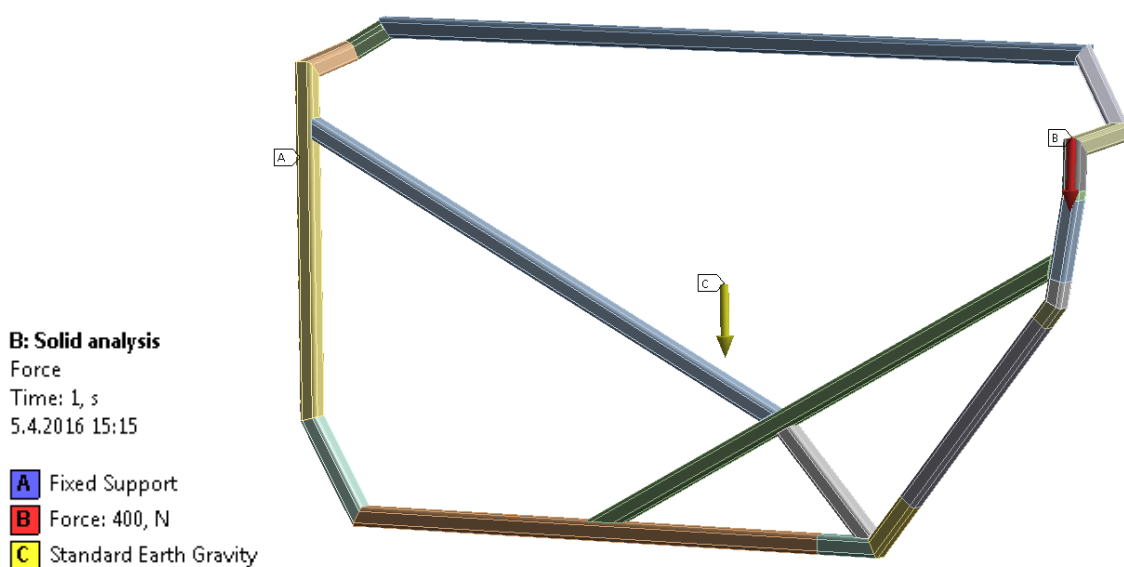
Výsledky celkových deformací prutového rámu jsou srovnatelné s výpočty předběžnými. Maximální celková deformace je 1,5 mm a nachází se v působišti zatěžující síly. Na obr. 53 jsou názorně vidět průběh deformací skrze celý rám.



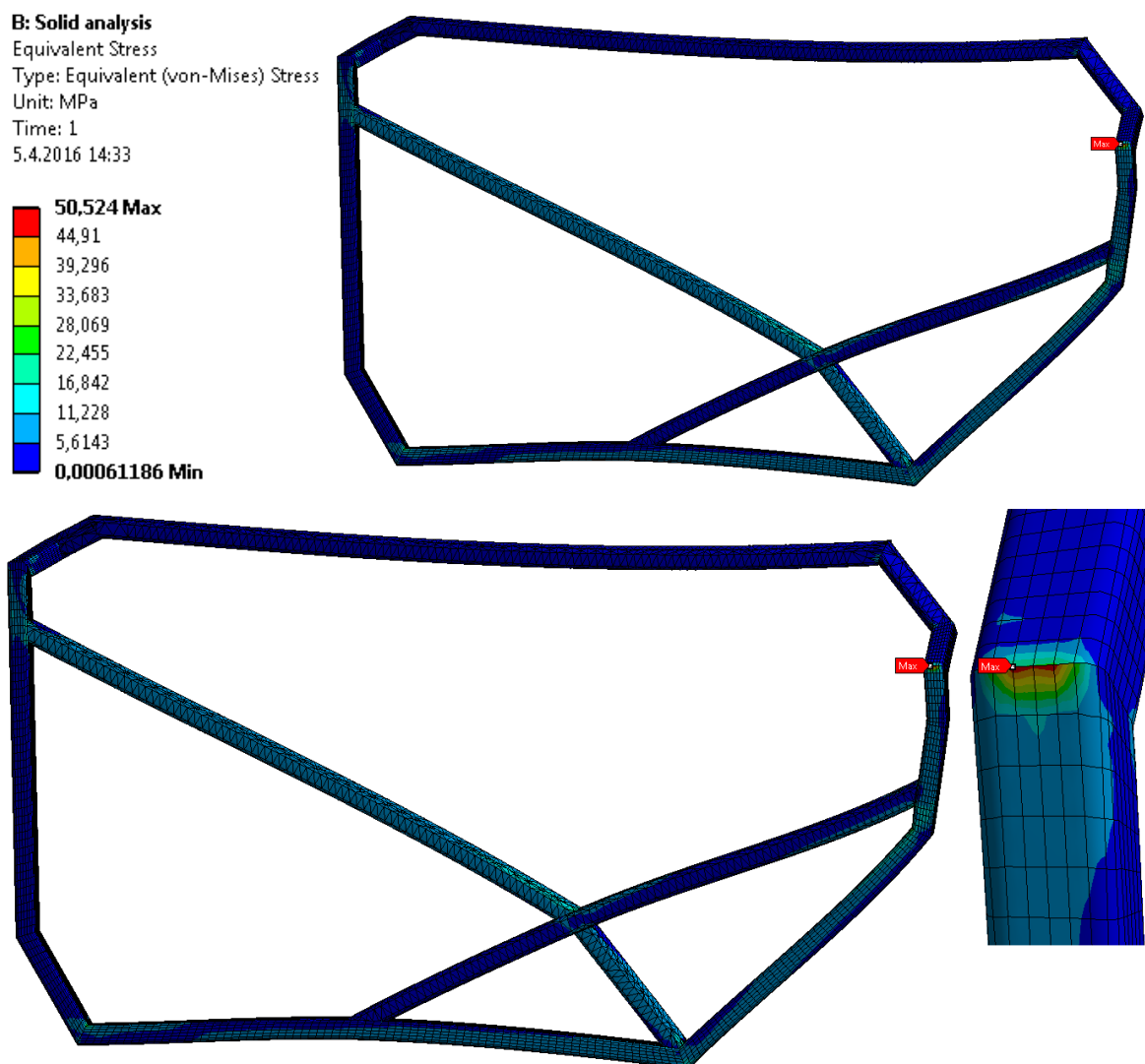
Obr. 53– Celkové deformace (Beam analysis)

b) Solid analýza

Okrajové podmínky pro solid analýzu jsou totožné jako v kapitole 2.2, 3.1 a příloha A.



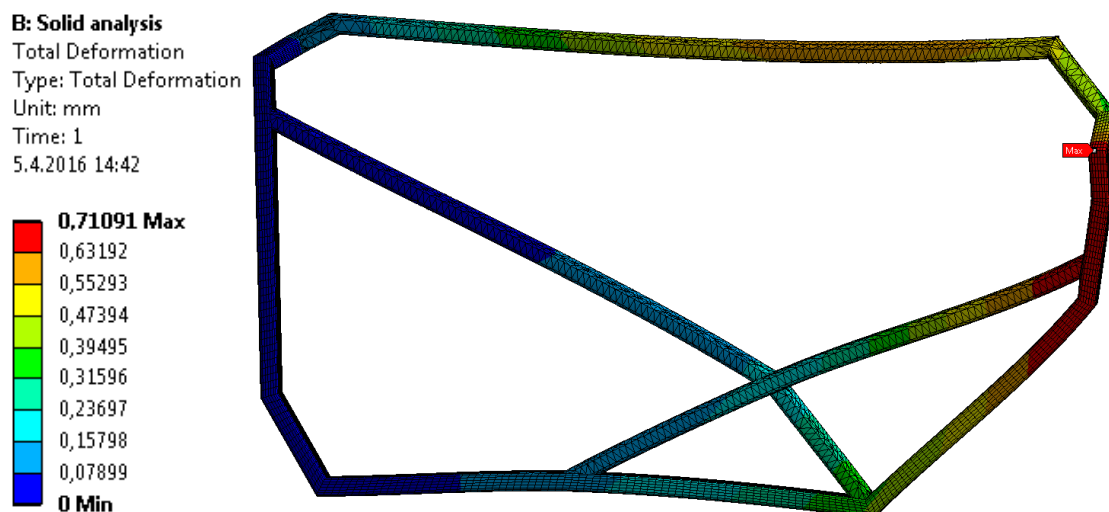
Obr. 54– Okrajové podmínky (Solid analysis)



Obr. 55– Analýza napětí (Solid analysis)

Při výpočtu napětí solidového modelu rámu, se ukázalo, že oproti předběžnému výpočtu je maximální napětí daleko nižší a působí na jiném spoji profilu. Maximální napětí (viz obr. 55) činí tedy 50 Mpa. Výsledná bezpečnost rámu je stanovena na $k=5,4$. Na obrázku 55 lze také vidět průběh napětí v rámu a působiště maximálního napětí.

Obrázek 56 znázorňuje průběh deformací v solidovém rámu. Maximální celková deformace na rozdíl od předběžného výpočtu a prutového rámu je mnohem menší a to 0,71 mm, což je více než dostačující pro aplikaci na automobil.



Obr. 56– Celkové deformace (Solid analysis)

3.2 Výpočty lepených spojů

Lepenými součástmi jsou vnější a vnitřní laminát

Zvolené lepidlo pro lepení laminátových dílů je Sikaflex- 252. Toto lepidlo je určeno jako konstrukční pro dynamicky zatěžované součásti, zejména v oblasti dopravní techniky. Jedná se o jedno komponentní strukturální lepidlo, které se v reakci se vzdušnou vlhkostí vytvrzuje v trvanlivý elastomer. Mezi výhody lepidla patří tlumení vibrací a možné přelakování povrchu lepidla. Z nevýhod vyčnívá pouze doba vytvrzení a to cca 4 mm za 24 hodin. [1]

Pro úpravu lepeného povrchu nebyly dány žádné speciální úpravy, než jsou ty běžné. Adhezi povrchu lze zvýšit čistícími a aktivačními přípravky a použitím vhodného primeru (např. Sika Cleaner 205, Sika Primer).

$$m = 4,5 \text{ kg} \cdot \text{dynamická bezpečnost} = 3 = 13,5 \text{ kg}$$

$$n_D = 3 [-] \text{ (Koefficient bezpečnosti)}$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ (Gravitační zrychlení)}$$

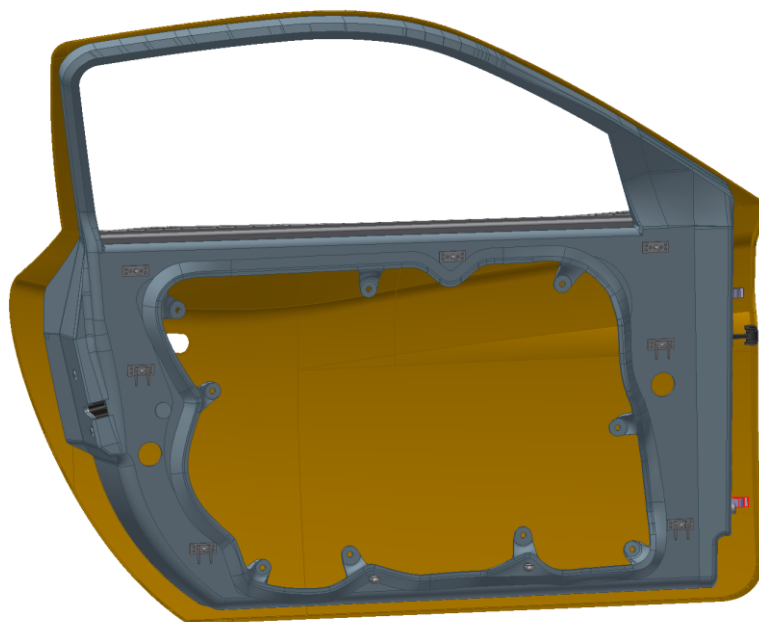
$$S = 0,024 \text{ m}^2 \text{ (Lepená plocha)}$$

$$\tau_{D2} = 2500000 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{ (Pevnost lepidla ve smyku- EN 1465) [2]}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \cdot n_D \leq \tau_{D2}$$

$$\tau_s = \frac{m \cdot g}{S} \cdot n_D = \frac{12 \cdot 9,81}{0,024} \cdot 3 = 14715 \text{ N} \cdot \text{m}^2 [3]$$

$$\tau_s \leq \tau_{D2} \quad - \text{vyhovuje}$$



Obr. 57- Lepení vnitřního a vnějšího laminátu dveří

4 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval návrhem dveří sportovního vozu. V teoretické části byl zhodnocen nynější stav konstrukčních řešení. V současné době existuje celá řada variant uchycení dveří na pantech, které prezentují významné společnosti v automobilovém průmyslu. Mimo jiné byla věnována pozornost nejdůležitější běžně používané v součásti na dveřích automobilu. V dnešní době je trendem zástavba mnohé elektroniky, která zvyšuje pohodlí a zlepšuje pocit z jízdy v automobilu. Cílem bylo navrhnout funkční model dveří pro sportovní vůz.

Proto se v praktické části diplomové práce věnovalo návrhu dveří sportovního automobilu, který by vyhovoval všem požadavkům na něj kladeným. Jedním z důležitých prvků byl návrh rámu, a to zvýšení tuhosti rámu a odlehčení konstrukce. Byly navrženy tři varianty, které byly následně analyzovány, a byla vybrána ta nejvhodnější varianta.

Jedním z dalších hlavních bodů, byl návrh kinematiky stahování pro spouštěč okna. Pro stanovení „ideální“ kinematiky bylo použito vlastních postupů, které jsou rozepsány v této diplomové práci. Ke stanovení kinematiky byly použity technologie 3D skenování, CNC frézování a dílenské technologie. Vše bylo ověřeno a byla navržena nová kinematika spouštěče oken. Mechanismus spouštění okna byl zvolen lankový jako „ideální“ řešení.

V konečné fázi se věnovalo technické dokumentaci a byla provedena pevnostní analýza jednotlivých komponentů a rámu dveří s výpočty lepeného spoje sklolaminátu.

V diplomové práci byly splněny všechny požadavky dané zadavatelem a navržený systém bude použit na reálném prototypu. Dveře sportovního vozu byly již vyrobeny a budou namontovány na automobil Student Car SCX v srpnu roku 2016.

Výsledků bylo dosaženo díky finanční podpoře z projektu SP2016/69 „Vývojové zkoušky a studie vybraných komponent vozidel. (2015-2016)“.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] NĚMČEK, M.: [i] Řešené příklady ČaMS Spoje. [i] 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
- [2] Sikaflex - 252. Karavan.cz [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.karavan.cz/images/navody/sikaflex252.pdf>
- [3] KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ- strojní součásti [online]. Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, Ústav konstruování, 2011 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/5CK/prednasky/prednaska7.pdf>
- [4] MRŇA, Libor. *Lepení materiálů* [online]. VUT Brno, 2011 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani_lepeni_materialu__mrna.pdf
- [5] Omezovač dveří. In: *Škoda díly* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.skoda-dily.cz/nahradni-dil/1z0839249d-omezovac-dveri-oe-20275.html>
- [6] ŠTĚPÁNEK, Jan. Casemodding: Kompozitní zázrak - laminát. In: *Pctuning* [online]. 2008 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/navody/upravy-modding/12243-casemodding-kompozitni_zazrak-laminat
- [7] Audi R8 GT Suzuka Grey Carbon Fiber Mirror. In: *EuroCar NEWS* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.eurocarnews.com/2/0/518/2827/audi-r8-gt-suzuka-grey-carbon-fiber-mirror/gallery-detail.html>
- [8] Audi RS4 Avant Matte Aluminum Look Side Mirror. In: *EuroCar NEWS* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.eurocarnews.com/242/0/0/10013/audi-rs4-avant-matte-aluminum-look-side-mirror/gallery-detail.html>
- [9] ŠKODA AUTO A.S. Dílenská příručka Octavia II 2004: Karoserie - montážní práce. Czech Republic, 2004, 116 s. S00.5713.00.15.
- [10] KAŇOVSKÝ, Tomáš. *Porovnání mechanických vlastností bočních autoskel* [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/13365/ka%C5%88ovsk%C3%BD_2010_bp.pdf?sequence=1

- [11] TĚSNĚNÍ BOČNÍCH A ČELNÍCH SKEL. *Gumex* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.gumex.cz/tesneni-bocnich-a-celnich-skel-15013.html#prettyPhoto>
- [12] FORD B-MAX DOOR CONSTRUCTION. *Reative Data* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.creative-data.de/leistungen/visualisierung/referenzen-visualisierung/ford-b-max-door-construction/>
- [13] Peugeot 508 car front door structure. *Dreams Time* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.dreamstime.com/stock-image-peugeot-508-car-front-door-structure-image28375951>
- [14] Peugeot 508 car back door structure. *Dreams Time* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.dreamstime.com/stock-images-peugeot-508-car-back-door-structure-image28375924>
- [15] L přední spouštěč okna mechanický. *AMD* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.amd-nahradnidily.cz/zbozi/l-predni-spoustec-okna-mechanicky-original-xs-6y0837655/178219/>
- [16] Pravá elektrická stahovačka oken. *AMD* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://auto.slusne.cz/inz/prava-elektricka-stahovacka-oken-bmw-e36-sedan-366913.html>
- [17] STUDENT CAR. Student Car [online]. 2007 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.studentcar.cz/>

PŘÍLOHY

Příloha A MKP – Okrajové podmínky

Příloha B Materiálové listy

Příloha C Render konstrukce

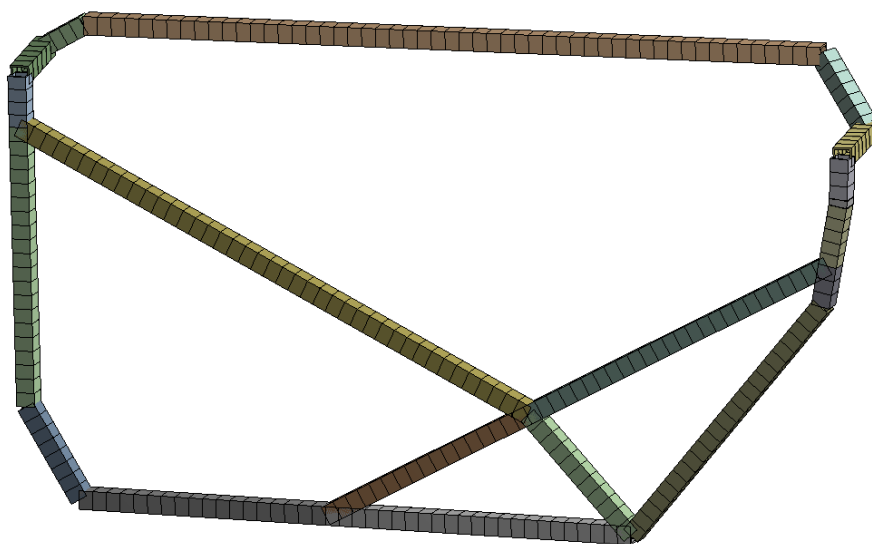
Příloha D Výkresová dokumentace

Výkres sestavení:	DP-VLA0035-00	Levé dveře
Výkres svařence:	DP-VLA0035-01	Rámová výztuha dveří
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-02	Výztuha zrcátko
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-03	Výztuha zámek
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-04	Výztuha aretační vzpěra
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-05	Výztuha pod kliku part 1
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-06	Výztuha pod kliku part 2
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-07	Úchyt rámu dveří horní
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-08	Úchyt rámu dveří spodní
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-09	Úchyt na jezdcí vodící lišty
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-10	Úchyt 1- lišta okna
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-11	Úchyt 2- lišta okna
Výrobní svařence:	DP-VLA0035-12	Lišta okna
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-13	Jezdec vodící lišty
Výrobní výkres:	DP-VLA0035-14	Vodící lišta
Výrobní svařence:	DP-VLA0035-15	Vodící lišta levá
Výrobní svařence:	DP-VLA0035-16	Vodící lišta pravá

PŘÍLOHA A

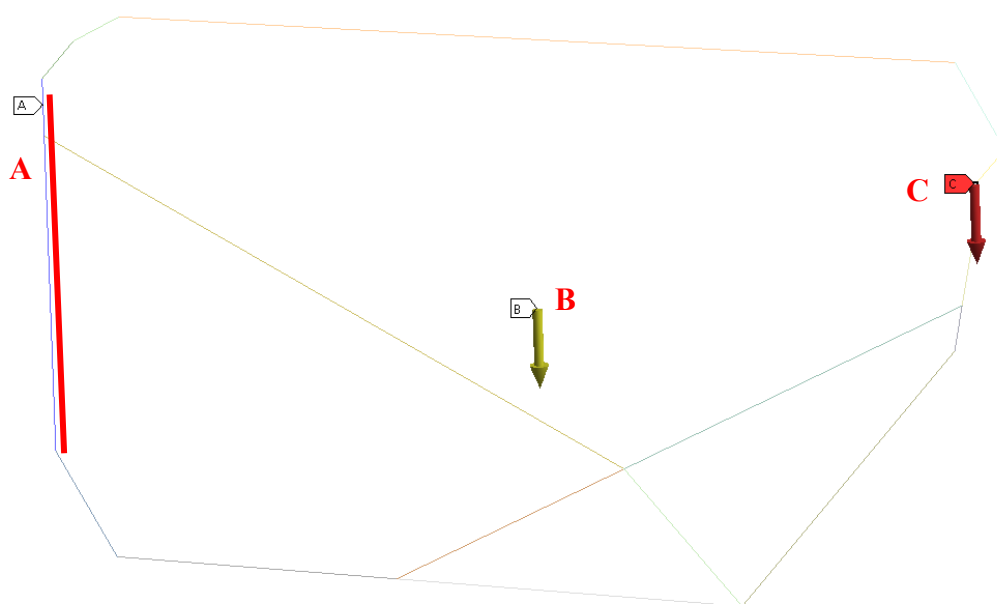
MKP - Okrajové podmínky a diskretizace modelů

1) Diskretizovaný model beamového (prutového) rámu



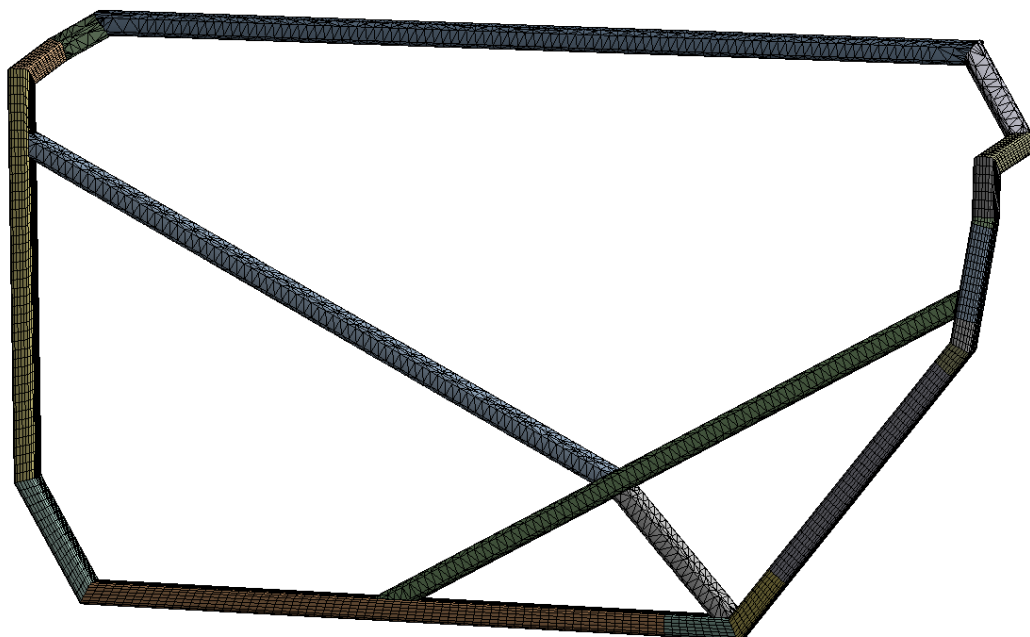
Obr. 58

2) Okrajové podmínky beamového rámu (Bod A- pevná příčka, Bod B- tíhová síla, Bod C- síla 400N působící na nejdelším rameni rámu)



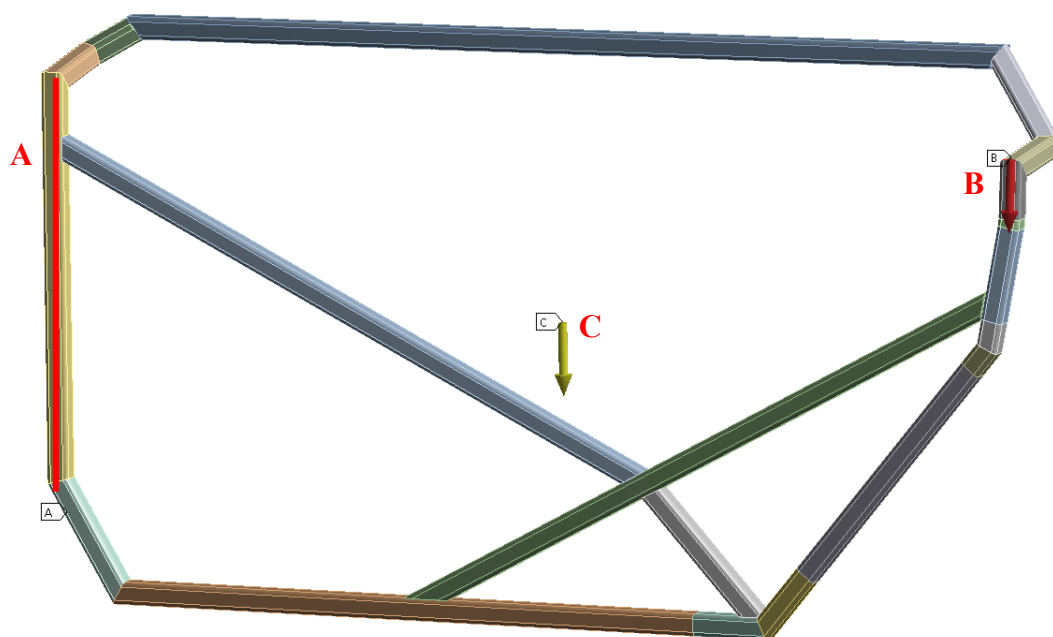
Obr. 59

1) Diskretizovaný model solidového rámu s jemnou sítí (sizing)



Obr. 60

2) Okrajové podmínky beamového rámu (Bod A- pevná příčka, Bod B- síla 400N působící na nejdelším rameni rámu, Bod C- tíhová síla)



Obr. 61

PŘÍLOHA B

Materiálové listy:

Jakostní ocel 11 523 (1.0553)

Tab 1

WNr.
(číslo materiálu)
1.0553

Jakostní ocel

OCEL
Kurzname (značka)
S355J0

Chemické složení [hm. %] v tavebním vzorku

C ¹⁾	Mn	Si	P	S	N ²⁾³⁾
max 0,20	max 1,60	max 0,55	max 0,040	max 0,040	max 0,009

Chemické složení [hm. %] ve výrobku

C ⁴⁾	Mn	Si	P	S	N ⁵⁾³⁾
max 0,23	max 1,70	max 0,60	max 0,050	max 0,050	max 0,011

Normy DIN

[1] DIN EN 10025-94 – výrobky válcované za tepla z nelegovaných ocelí

[2] DIN 17100 – výrobky válcované za tepla z nelegovaných ocelí – ozn. St 52-3U

Mechanické vlastnosti

Rozměr t, d [mm]		≤ 3	3–16	16–40	40–63	63–80	80–100
Stav		tepelně nezpracovaný					
Mez kluzu R _{eH} [MPa] min		355		345	335	325	315
Mez pevnosti R _m [MPa]		510–680		490–630			
Tažnost A ₅ [%]	podél min	18	22		21	20	
	napříč min	16	20		19	18	
Nárazová práce KV ⁰ [J] min		–			27		
Tvrdost HB		–					
Rozměr t, d [mm]		100–150		150–200		200–250	
Stav		tepelně nezpracovaný					
Mez kluzu R _{eH} [MPa] min		295		285		275	
Mez pevnosti R _m [MPa]		470–630		450–630			
Tažnost A ₅ [%]	podél min	18		17			
	napříč min	18		17			
Nárazová práce KV ⁰ [J] min		27			23		
Tvrdost HB		–					

Fyzikální vlastnostiHustota ρ [kg . m⁻³] 7 850**Technologické údaje**

SVAŘITELNOST – vhodná ke svařování

$$\text{uhlíkový ekvivalent } C_{EV} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

$$t \leq 40 \quad C_{EV} \leq 0,45$$

$$t = 41-150 \quad C_{EV} \leq 0,47$$

$$t = 151-250 \quad C_{EV} \leq 0,49$$

má-li ocel v tavebním vzorku více než 0,02 % Nb nebo 0,02 % Ti nebo 0,03 % V je nutno požadovat u tlouštěk ≤ 30 mm snížený obsah C na 0,18 % v tavebním vzorku

Použití

Svařované konstrukce a strojní části s vyšší mezi kluzu, staticky i dynamicky namáhané.

Ostatní vlastnosti

Desoxidace: ukladněná nebo poloukladněná

dřívější označení se speciálními užitečnými vlastnostmi:

– ohýbání za studena – QSt 52-3U

– tažení za studena – ZSt 52-3U

– válcování za studena – KSt 52-3U

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		EURO		Česká republika	
–	–	S355J0	EN 10025-93	–	–
Francie		Velká Británie		Rusko	
S355J0 E36-3	NF EN 10025-94 NF A35-501	S355J0 50C	BS EN 10025-94 BS 4360-86	–	–
USA		Japonsko		Kanada	
–	–	–	–	–	–
Itálie		Rakousko		Švédsko	
S355J0 Fe510C	UNI EN 10025-94 UNI 7070-82	–	–	–	–
Polsko		Maďarsko		Norsko	
–	–	–	–	–	–
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
–	–	–	–	–	–

Použití1) pro tloušťky $t > 40$ mm je $C_{max} = 0,22$ %

2) udaná hodnota může být překročena, jestliže překročení o 0,001 % N odpovídá podkročení obsahu P o 0,005 %, obsah N nesmí však přestoupit 0,012 % v tavebním vzorku

3) max hodnota obsahu N neplatí, jestliže je v oceli min 0,020 % Al nebo dostatečné množství jiných, dusík vázajících, prvků

4) pro tloušťky $t > 40$ mm je $C_{max} = 0,24$ %

5) udaná hodnota může být překročena, jestliže překročení o 0,001 % N odpovídá podkročení obsahu P o 0,005 %, obsah N však nesmí přestoupit 0,014 % ve výrobku

Materiálové listy:

Slitina hliníku tvářená pro všeobecné účely EN AW-7020

Tab 2

ČSN EN 573 STN EN 573 TRÍDICÍ ZNAK 42 1401					Slitina hliníku tvářená pro všeobecné účely					SLITINA EN AW-7020 [AlZn4,5Mg1]		
Chemické složení [hm. %]												
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr	Zr+Ti	ostatní		Al	
									jednotl.	celkem		
0,35	0,40	0,20	0,05–0,50	1,0–1,4	0,10–0,35	4,0–5,0	0,08–0,20	0,08–0,25	0,05	0,15	zbytek	
Polotovary												
[1] plechy, pásy, desky tvářené za tepla					ČSN EN 485-1 (42 1416) ¹⁾ ČSN EN 485-2 (42 4081) ²⁾ ČSN EN 485-3 (427332) ³⁾							
[2] plechy, pásy, desky tvářené za studena					ČSN EN 485-1 (42 1416) ¹⁾ ČSN EN 485-2 (42 4081) ²⁾ ČSN EN 485-4 (427336) ³⁾							
[3] tyče a trubky tažené za studena					ČSN EN 754-1 ¹⁾ ČSN EN 754-2 (42 4085) ²⁾ ČSN EN 754-3 (42 7611) ³⁾ ČSN EN 754-4 (42 7621) ³⁾ ČSN EN 754-5 (42 7625) ³⁾ ČSN EN 754-6 (42 7631) ³⁾ – trubky bezešvé prČSN EN 754-7 ^{3*)} – trubky lisované komorovou maticí prČSN EN 754-8 ^{3*)}							
[4] lisované tyče, trubky a profily					ČSN EN 755-1 (42 1419) ¹⁾ ČSN EN 755-2 (42 4086) ²⁾ ČSN EN 755-3 (42 7511) ³⁾ ČSN EN 755-4 (42 7521) ³⁾ ČSN EN 755-5 (42 7525) ³⁾ ČSN EN 755-6 (42 7531) ³⁾ – trubky bezešvé prČSN EN 755-7 ^{3*)} – trubky lisované komorovou maticí prČSN EN 755-8 ^{3*)} – profily prČSN EN 755-9 ^{3*)}							
Mechanické vlastnosti												
Polotovar		[1] [2]										
Rozměr t [mm]		0,4–1,5		1,5–3,0		3,0–6,0		6,0–12,5				
Stav		0										
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]		max 140										
Mez pevnosti R _m [MPa]		max 220										
Tažnost A ₅₀ [%]		12		13		15		12				
Tvrdost HBS		inf. 45										

Mechanické vlastnosti				
Polotovár	[1] [2]			
Rozměr t [mm]	0,4–1,5	1,5–3,0	3,0–6,0	6,0–12,5
Stav 4)	T4, T451			
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]	210			
Mez pevnosti R _m [MPa]	320			
Tažnost A ₅₀ [%]	11	12	13	14
Tvrdost HBS	inf. 92			
Poměr ohybu 90° [mm] 5)	2,0 t	2,5 t	3,5 t	5,0 t
Polotovár	[1] [2]			
Rozměr t [mm]	0,4–1,5	1,5–3,0	3,0–6,0	6,0–12,5
Stav	T6, T651, T62			
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]	280			
Mez pevnosti R _m [MPa]	350			
Tažnost A ₅₀ [%]	7	8	10	10
Tvrdost HBS	inf. 104			
Poměr ohybu 90° [mm] 5)	3,5 t	4,0 t	5,5 t	8,0 t
Polotovár	[1] [2]			
Rozměr t [mm]	12,5–40,0	40,0–100,0	100,0–150,0	150,0–175,0
Stav	T651			
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]	280	270	260	260
Mez pevnosti R _m [MPa]	350	340	330	330
Tažnost A [%]	9	8	7	6
Tvrdost HBS	inf. 104	inf. 101	inf. 98	inf. 98
Poměr ohybu 90° [mm] 5)	–	–	–	–
Polotovár	[3]			
Rozměr D, S, e [mm] 6)	D ≤ 80, S ≤ 50, e ≤ 20			
Stav 7)	T6			
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]	280			
Mez pevnosti R _m [MPa]	350			
Tažnost A ₅₀ (A) [%]	8 (10)			
Tvrdost HB	–			
Polotovár	tyče [4]			
Rozměr D, S [mm] 6)	D ≤ 50, S ≤ 50		50 < D ≤ 200, 50 < S ≤ 200	
Stav 7)	T6		T6	
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]	280		275	
Mez pevnosti R _m [MPa]	350		340	
Tažnost A ₅₀ (A) [%]	8 (10)		(10)	
Tvrdost HB	–		–	
Mechanické vlastnosti				
Polotovár	trubky[4]		profily [4]	
Rozměr e [mm]	≤ 15		≤ 40	
Stav 7)	T6			
Mez kluzu R _p 0,2 [MPa]	290			
Mez pevnosti R _m [MPa]	350			
Tažnost A ₅₀ (A) [%]	8 (10)			
Tvrdost HB	–			

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		EURO		Německo	
AlZn4,5Mg1	ISO 209-1	–	–	AlZn4,5Mg1	DIN 1725 T.1
Francie		Velká Británie		Rusko	
7020	NF A50-451	7020	BS 4300/15	1915	GOST 4784-74
USA		Japonsko		Kanada	
–	–	–	–	–	–
Itálie		Rakousko		Švédsko	
P-AlZn4,5Mg1	UNI 7791	AlZn4,5Mg1	ÖNORM M3430	AlZn4,5Mg1	SS 144425
Polsko		Maďarsko		Norsko	
AlZn5Mg1	PN H-88026	–	–	AlZn4Mg1	NS 17410-
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
AlZn5Mg1	SFS 2596	–	–	Al-4Zn4Mg1	UNE 38374
Česká republika		Belgie		–	
ČSN 424441	AlZn5Mg1	7020	NBN P21-001	–	
ONZ 424441	AlZn5Mg1				

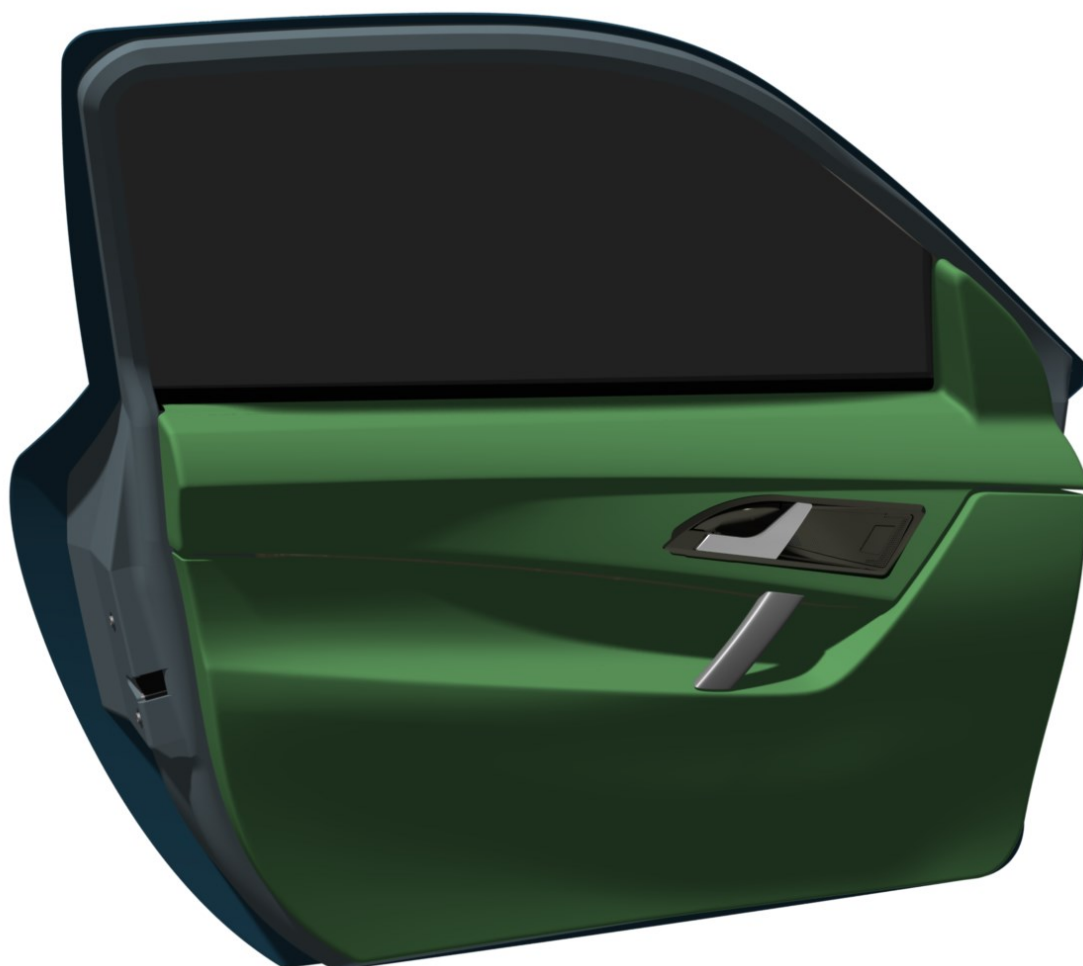
Poznámky

- 1) technické dodací předpisy 1*) připravovaná norma ČSN EN
2) mechanické vlastnosti 3*) připravovaná norma ČSN EN
3) mezní úchytky tvaru a rozměrů pr připravovaná norma EN
4) finální výrobky nemohou být použity ve stavech T4 nebo T451; zvláštních mechanických vlastností lze dosáhnout přirozeným stárnutím 3 měsíce při okolní teplotě nebo vytvrzením za tepla 60 h při teplotě 60–65 °C
5) značně menších poloměrů ohybu lze dosáhnout bezprostředně po rozpouštěcím žíhání
6) D = průměr kruhové tyče, S = tloušťka čtvercové, šestihranné nebo ploché tyče, e = tloušťka stěny trubky
7) vlastnosti mohou být získány kalením za matricí

V chemickém složení je zpravidla uváděn maximální přijatelný obsah nebo rozmezí přijatelného obsahu každého prvku. V mechanických vlastnostech je zpravidla uváděna minimální přijatelná hodnota nebo rozmezí přijatelných hodnot každé vlastnosti.

PŘÍLOHA C

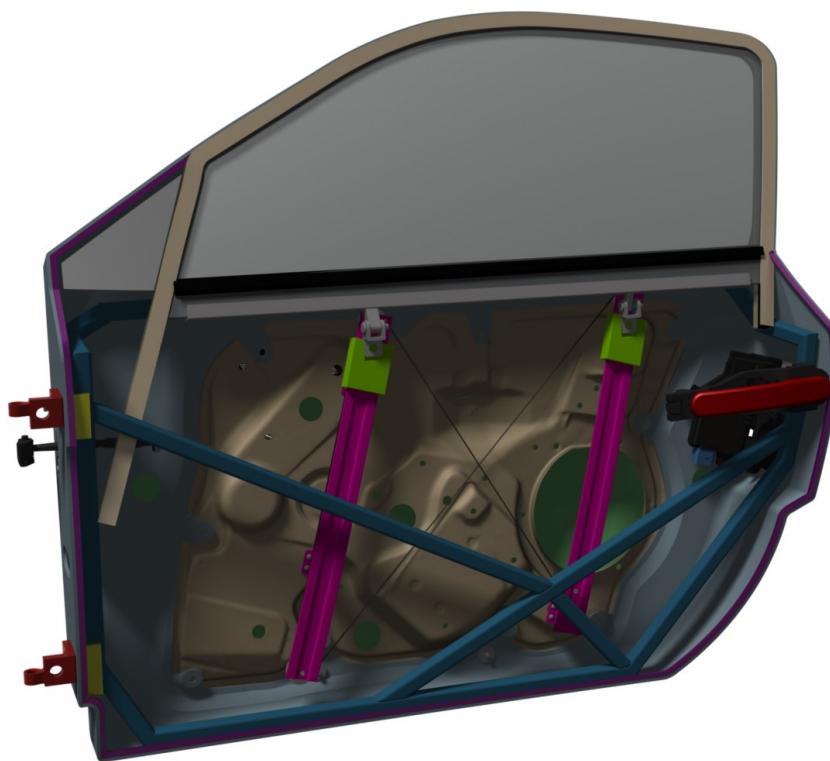
Rendery konstrukce



Obr. 62- Render I



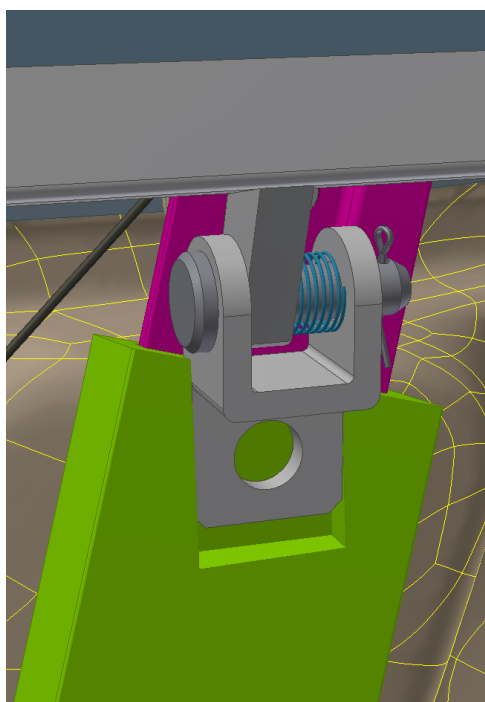
Obr. 63- Render II



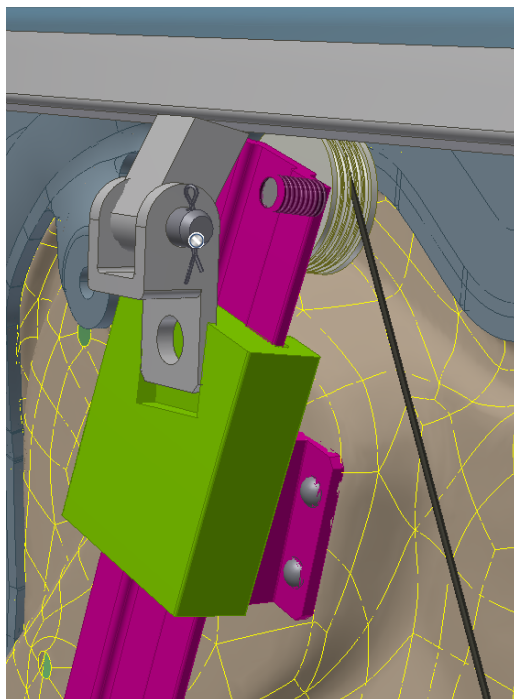
Obr. 64- Render III



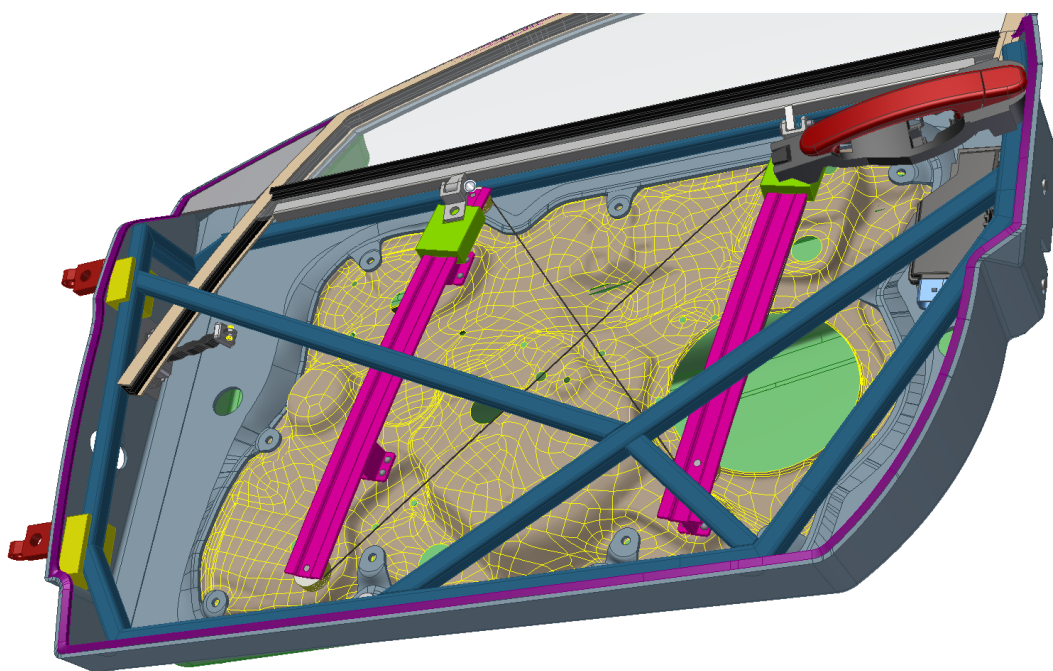
Obr. 65- Render IV



Obr. 66- Render V



Obr. 67- Render VI



Obr. 68- Render VII